

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-019868

(43)Date of publication of application : 21.01.2003

(51)Int.Cl.

B41M 5/26  
G11B 7/0045  
G11B 7/006  
G11B 7/125  
G11B 7/24

(21)Application number : 2002-136482

(22)Date of filing : 09.09.1999

(71)Applicant : MITSUBISHI CHEMICALS CORP

(72)Inventor : MIZUNO HIRONOBU  
ONO TAKASHI  
HORIE MICHIKAZU

(30)Priority

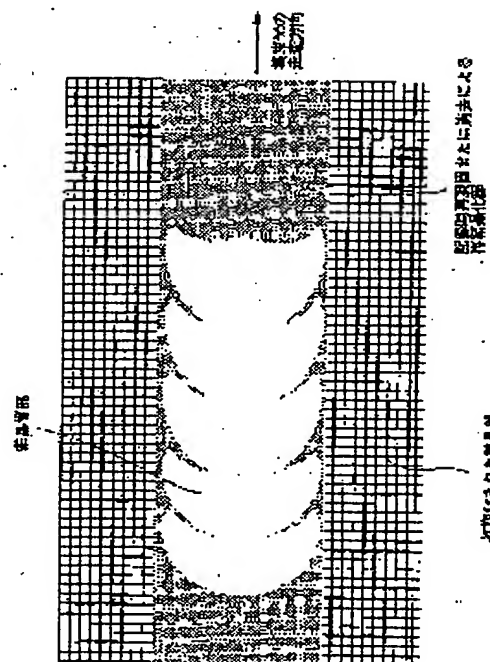
Priority number : 10254877	Priority date : 09.09.1998	Priority country : JP
11055792	03.03.1999	
11163685	10.06.1999	JP
		JP

## (54) MEDIUM FOR RECORDING OPTICAL INFORMATION AND METHOD FOR OPTICALLY RECORDING

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a medium for recording optical information which has a small jitter of a mark edge, which can rapidly overwrite and can mark-length- modulation record in a high density and which has very good aging stability of a formed mark and to provide a method for optically recording.

**SOLUTION:** The medium for recording the optical information to record the information according to a plurality of recording mark lengths of 0.5  $\mu\text{m}$  or less of a shortest mark comprises at least a phase change type recording layer on a substrate in such a manner that a crystal part of the recording layer is set to an unrecording/erasing state and an amorphous part is set to a recording state. The recording layer is made of a thin film containing a  $\text{Ge}(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_1-y$  ( $0.6 \leq x \leq 0.9$ ,  $0 < y \leq 0.1$ ) alloy as a main component. The recording layer has as a fast crystallizing speed at the time of re-solidifying as being generally crystallized when a recording light of a recording power  $P_w$  sufficient to melt the recording layer is continuously irradiated at a predetermined linear speed, and when the power  $P_w$  is instantaneously shut off, an amorphous mark is formed. The method for optically recording which is suitable for the medium is also provided.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.09.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-19868

(P2003-19868A)

(43)公開日 平成15年1月21日(2003.1.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターミナル*(参考)		
B 4 1 M	5/26	G 1 1 B	7/0045	A	2 H 1 1 1
G 1 1 B	7/0045		7/006		5 D 0 2 9
	7/006		7/125	C	5 D 0 9 0
	7/125		7/24	5 0 1 Z	5 D 1 1 9
	7/24	5 0 1		5 1 1	

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 51 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2002-136482(P2002-136482)  
(62)分割の表示 特願平11-255368の分割  
(22)出願日 平成11年9月9日(1999.9.9)

(31)優先権主張番号 特願平10-254877  
(32)優先日 平成10年9月9日(1998.9.9)  
(33)優先権主張国 日本(JP)  
(31)優先権主張番号 特願平11-55792  
(32)優先日 平成11年3月3日(1999.3.3)  
(33)優先権主張国 日本(JP)  
(31)優先権主張番号 特願平11-163685  
(32)優先日 平成11年6月10日(1999.6.10)  
(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005968  
三菱化学株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目5番2号  
(72)発明者 水野 裕宣  
神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地  
三菱化学株式会社内  
(72)発明者 大野 孝志  
神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地  
三菱化学株式会社内  
(74)代理人 100103997  
弁理士 長谷川 曉司

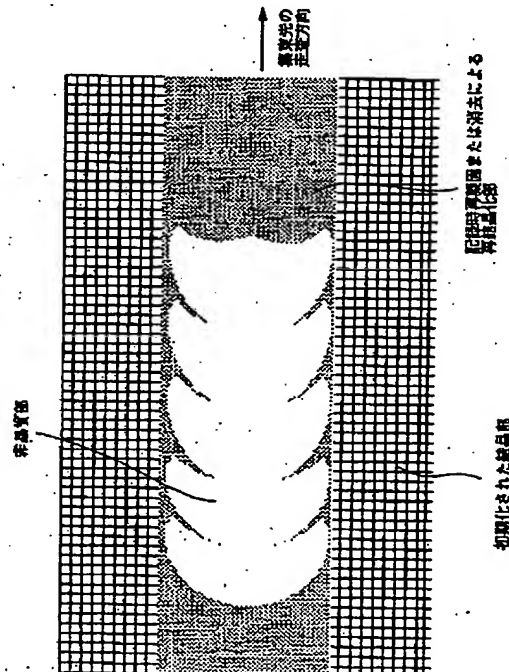
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学的情報記録用媒体及び光記録方法

(57)【要約】

【課題】 高速でオーバーライトすることができ、マークエッジのジッタが小さい、高密度のマーク長変調記録を行うことができ、形成されたマークの経時安定性が非常に良好である光学的情報記録用媒体及び光記録方法を提供する。

【解決手段】 基板上に少なくとも相変化型記録層を有し、該記録層の結晶部を未記録・消去状態とし非晶質部を記録状態とし、最短マーク長0.5 $\mu$ m以下の複数の記録マーク長により情報を記録するための光学的情報記録用媒体であって、該記録層は、Ge<sub>y</sub>(Sb<sub>x</sub>T<sub>e<sub>1-x</sub></sub>)<sub>1-y</sub>(0.6 $\leq$ x $\leq$ 0.9、0<y $\leq$ 0.1)合金を主成分とする薄膜からなり、該記録層は、一定線速度で、記録層を熔融させるに足る記録パワーP<sub>w</sub>の記録光を連続的に照射すると概ね結晶化されるほど再凝固時の結晶化速度が速く、該記録パワーP<sub>w</sub>を瞬間的に遮断すると非晶質マークが形成されることを特徴とする光学的情報記録用媒体及びこれに適した光記録方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に少なくとも相変化型記録層を有し、

該記録層の結晶部を未記録・消去状態とし非晶質部を記録状態とし、最短マーク長 $0.5\mu\text{m}$ 以下の複数の記録マーク長により情報を記録するための光学的情報記録用媒体であって、

該記録層は、 $\text{Ge}_y(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y}$  ( $0.6 \leq x \leq 0.9$ ,  $0 < y \leq 0.1$ ) 合金を主成分とする薄膜からなり、

該記録層は、一定線速度で、記録層を溶融させるに足る記録パワー $P_w$ の記録光を連続的に照射すると概ね結晶化されるほど再凝固時の結晶化速度が速く、該記録パワー $P_w$ を瞬間的に遮断すると非晶質マークが形成されることを特徴とする光学的情報記録用媒体。

【請求項2】 該記録層が添加元素として、Ga、Sn、In、Si、Al、Pt、Pb、Cr、Co、Ta、Nb、Vのうちの少なくとも1種をさらに含み、該添加元素の添加量の合計が10原子%以下であり、Geと該添加元素との添加量の合計が15原子%以下である請求項1に記載の光学的情報記録用媒体。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の光学的情報記録用媒体であって、

最短マーク長 $0.5\mu\text{m}$ 以下の複数のマーク長により信号を記録したときの記録直後に再生した信号の変調度を $M_0$ とし、

記録後、 $80^\circ\text{C}$   $80\%$  RHの条件下で1000時間経過ののち再生した信号の変調度を $M_1$ とすると、

【数1】  $M_1/M_0 \geq 0.9$

である光学的情報記録用媒体。

【請求項4】 基板上に、記録再生光の入射方向から順に、第1保護層、相変化型記録層、第2保護層、反射層、を設けてなり、

該記録層の膜厚が $5\text{nm}$ 以上 $25\text{nm}$ 以下で、第2保護層の膜厚が $5\text{nm}$ 以上 $30\text{nm}$ 以下である請求項1乃至3のいずれかに記載の光学的情報記録用媒体。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかに記載の光学的情報記録用媒体に情報を記録するにあたり、

記録マーク間には、非晶質を結晶化しうる消去パワー $P_e$ の記録光を照射し、

一つの記録マークの時間的な長さを $nT$ としたとき ( $T$ は基準クロック周期、 $n$ は2以上の整数)、

記録マークの時間的長さ $nT$ を、

【数2】  $\eta_1 T, \alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_i T, \beta_i T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T, \eta_2 T$

(ただし、 $m$ はパルス分割数で $m=n-k$ 、 $k$ は $0 \leq k \leq 2$ なる整数とする。また、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) + \eta_1 + \eta_2 = n$ とし、 $\eta_1$ は $\eta_1 \geq 0$ なる実数、 $\eta_2$ は $\eta_2 \geq 0$ なる実数、 $0 \leq \eta_1 + \eta_2 \leq 2.0$ とする。 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) は $\alpha_i > 0$ なる実数とし、 $\beta_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) は $\beta_i$

$> 0$ なる実数とし、 $\sum \alpha_i < 0.5n$ とする。 $\alpha_1 = 0.1 \sim 1.5$ 、 $\beta_1 = 0.3 \sim 1.0$ 、 $\beta_m = 0 \sim 1.5$ とし、 $\alpha_i = 0.1 \sim 0.8$  ( $2 \leq i \leq m$ ) とする。なお、 $3 \leq i \leq m$ なる $i$ において $\alpha_i + \beta_{i-1} = 0.5 \sim 1.5$ の範囲にあり、かつ、 $i$ によらず一定とする。)の順に分割し、

$\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の時間内においては記録層を溶融させるにたる $P_w \geq P_e$ なる記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、 $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の時間内においては、 $0 < P_b \leq 0.2P_e$  (ただし、 $\beta_m T$ においては、 $0 < P_b \leq P_e$ となりうる) なるバイアスパワー $P_b$ の記録光を照射することを特徴とする光学的情報記録用媒体の光記録方法。

【請求項6】 波長が $350 \sim 680\text{nm}$ の光を、開口数NAが $0.55 \sim 0.9$ の対物レンズを通して記録層に集光させ、データの記録再生を行う光記録方法であって、

$m = n - 1$ もしくは $m = n - 2$ 、

$\alpha_1 = 0.3 \sim 1.5$ 、

$\alpha_i \geq \alpha_1 = 0.2 \sim 0.8$  ( $2 \leq i \leq m$ )、

$\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$  ( $3 \leq i \leq m$ )、

$0 \leq P_b \leq 1.5$  (mW)、

$0.3 \leq P_e/P_w \leq 0.6$

である請求項5に記載の光記録方法。

【請求項7】 波長が $600 \sim 680\text{nm}$ の光を、開口数NAが $0.55 \sim 0.65$ の対物レンズを通し、基板を介して記録層に集光させ、最短マーク長を $0.35 \sim 0.45\mu\text{m}$ の範囲として、データの記録再生を行う光記録方法であって、

$n$ は $1 \sim 14$ の整数とし、

$m = n - 1$ とし、

$P_b$ は線速によらず一定とし、

$P_e/P_w$ は $0.4 \sim 0.6$ の範囲で線速度に応じて変化しうるものとし、(i) 記録線速度 $3 \sim 4\text{m/s}$ の範囲においては、基準クロック周期 $T$ を $T_0$ とし、

$\alpha_1 = 0.3 \sim 0.8$ 、

$\alpha_i \geq \alpha_1 = 0.2 \sim 0.4$  であって $i$ によらず一定 ( $2 \leq i \leq m$ )、

$\alpha_2 + \beta_1 \geq 1.0$ 、

$\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$  ( $3 \leq i \leq m$ )、

$\beta_m = 0.3 \sim 1.5$  とし、

$\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の時間内においては記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、(ii) 記録線速度 $6 \sim 8\text{m/s}$ の範囲においては、基準クロック周期 $T$ を $T_0/2$ とし、

$\alpha'_1 = 0.3 \sim 0.8$ 、

$\alpha'_i \geq \alpha'_1 = 0.3 \sim 0.5$  であって $i$ によらず一定 ( $2 \leq i \leq m$ )、

$\alpha'_i + \beta'_{i-1} = 1.0$  ( $3 \leq i \leq m$ )、

$\beta'_m = 0 \sim 1.0$  とし、

$\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の時間内においては記録パワー  $P_{w2}$  の記録光を照射するとしたとき、  
 $\alpha'_i > \alpha_i$  ( $2 \leq i \leq m$ )、かつ、 $0.8 \leq P_{w1}/P_{w2} \leq 1.2$  である請求項5又は6に記載の光記録方法。

【請求項8】 所定の記録領域を有する光学的情報記録用媒体を角速度一定で回転させて情報を複数のマーク長により記録する方法であって、

記録領域最内周での線速度が  $2 \sim 4 \text{ m/s}$  となり記録領域最外周での線速度が  $6 \sim 10 \text{ m/s}$  となるように該媒体を回転させ、

該記録領域は半径によって区切られた複数ゾーンからなり、各ゾーン内の平均線速度に応じて記録密度がほぼ一定となるように基準クロック周期  $T$  を変化させる記録方法であって、

ゾーンによらず  $m$  を一定とし、

外周ゾーンから内周ゾーンに向かって、 $P_b/P_e$  及び/又は  $\alpha_i$  ( $i$  は  $1 \leq i \leq m$  の少なくとも一つ) を単調に減少させる請求項5に記載の光記録方法。

【請求項9】 上記記録領域は半径によって  $p$  個のゾーンに分割され、最内周側を第1ゾーン、最外周側を第  $p$  ゾーンとし、第  $q$  ゾーン (ただし、 $q$  は  $1 \leq q \leq p$  の整数) における角速度を  $\omega_q$ 、平均線速度を  $\langle v_q \rangle_{ave}$ 、最大線速度を  $\langle v_q \rangle_{max}$ 、最小線速度を  $\langle v_q \rangle_{min}$ 、基準クロック周期を  $T_q$ 、最短マークの時間的長さを  $n_{min} T_q$  とすると、

$\langle v_p \rangle_{ave} / \langle v_1 \rangle_{ave}$  は  $1.2 \sim 3$  の範囲であって、  
 $\langle v_q \rangle_{max} / \langle v_q \rangle_{min}$  は  $1.5$  以下であり、(i) 同一ゾーン内では、 $\omega_q$ 、 $T_q$ 、 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 、 $P_e$ 、 $P_b$ 、及び  $P_w$  は一定であり、最短マークの物理的長さ  $n_{min} T_q$   $\langle v_q \rangle_{ave}$  は  $0.5 \mu\text{m}$  以下であり、 $T_q \langle v_q \rangle_{ave}$  は  $1 \leq q \leq p$  なる全ての  $q$  に対してほぼ一定であり、かつ、

$m = n - 1$  もしくは  $m = n - 2$ 、

$\alpha_1 = 0.3 \sim 1.5$ 、

$\alpha_i \geq \alpha_1 = 0.2 \sim 0.8$  ( $2 \leq i \leq m$ )、

$\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$  ( $3 \leq i \leq m$ )、

$0 \leq P_b \leq 1.5 \text{ (mW)}$ 、

$0.4 \leq P_e/P_w \leq 0.6$

であり、(ii) 各ゾーンごとに  $P_b$ 、 $P_w$ 、 $P_e/P_w$ 、 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ )、 $\beta_i$ 、 $\beta_m$  は可変であり、外周ゾーンから内周ゾーンに向かって、少なくとも  $\alpha_i$  ( $i$  は  $2 \leq i \leq m$  の少なくとも一つ) を単調に減少させる請求項8に記載の光記録方法。

【請求項10】 該記録領域における  $P_w$  の最大値を  $P_{wmax}$ 、最小値を  $P_{wmin}$  とするとき、 $P_{wmax}/P_{wmin} \leq 1.2$  である請求項9に記載の光記録方法。

【請求項11】 波長が  $600 \sim 680 \text{ nm}$  の光を、開口数  $NA$  が  $0.55 \sim 0.65$  の対物レンズを通し、基板を介して記録層に集光させ、データの記録再生を行う

光記録方法であって、

上記記録領域の最内周が半径  $20 \sim 25 \text{ mm}$  の範囲にあり、最外周が半径  $55 \sim 60 \text{ mm}$  の範囲にあり、最内周側ゾーンの平均線速度が  $3 \sim 4 \text{ m/s}$  であり、第  $q$  ゾーン (ただし、 $q$  は  $1 \leq q \leq p$  の整数) における角速度を  $\omega_q$ 、平均線速度を  $\langle v_q \rangle_{ave}$ 、最大線速度を  $\langle v_q \rangle_{max}$ 、最小線速度を  $\langle v_q \rangle_{min}$ 、基準クロック周期を  $T_q$ 、最短マークの時間的長さを  $n_{min} T_q$  とすると、 $n$  は  $1 \sim 14$  の整数であり、

$m = n - 1$  であり、

$\omega_q$ 、 $P_b$  及び  $P_e/P_w$  はゾーンによらず一定であり、

$T_q \langle v_q \rangle_{ave}$  は  $1 \leq q \leq p$  なる全ての  $q$  に対してほぼ一定であり、かつ、

【数3】  $(\langle v_q \rangle_{max} - \langle v_q \rangle_{min}) / (\langle v_q \rangle_{max} + \langle v_q \rangle_{min}) < 10\%$  を満たし、(i) 第1ゾーンにおいては、

$\alpha'_1 = 0.3 \sim 0.8$ 、

$\alpha'_i \geq \alpha'_1 = 0.2 \sim 0.4$  であって  $i$  によらず一定 ( $2 \leq i \leq m$ )、

$\alpha'_2 + \beta'_1 \geq 1.0$ 、

$\alpha'_i + \beta'_{i-1} = 1.0$  ( $3 \leq i \leq m$ ) とし、

(ii) 第  $p$  ゾーンにおいては、

$\alpha_{p1} = 0.3 \sim 0.8$ 、

$\alpha_{pi} \geq \alpha_{p1} = 0.3 \sim 0.5$  であって  $i$  によらず一定 ( $2 \leq i \leq m$ )、

$\alpha_{pi} + \beta_{p(i-1)} = 1.0$  ( $2 \leq i \leq m$ ) とし、

(iii) 他のゾーンにおいては、 $\alpha'_i \leq \alpha_{q1} \leq \alpha_{pi}$  ( $2 \leq i \leq m$ ) とし、 $\alpha_{q1}$  は  $\alpha'_i$  と  $\alpha_{pi}$  との間の値とする請求項8乃至10のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項12】  $\alpha'_i \geq \alpha_{q1} \geq \alpha_{pi}$  (ただし、 $\alpha'_i > \alpha_{pi}$ ) である請求項11に記載の光記録方法。

【請求項13】  $P_b$ 、 $P_e/P_w$ 、 $\beta_i$ 、 $\beta_m$  はゾーンによらず一定であり、 $\alpha_i$ 、 $\alpha_1$  ( $2 \leq i \leq m$ ) のみをゾーンにより変化させる請求項11又は12に記載の光記録方法。

【請求項14】 請求項1乃至4のいずれかに記載の光学的情報記録用媒体に情報を記録するにあたり、記録マーク間には、非晶質を結晶化しうる消去パワー  $P_e$  の記録光を照射し、

一つの記録マークの時間的な長さを  $nT$  としたとき ( $T$  は基準クロック周期、 $n$  は2以上の整数)、

記録マークの時間的長さ  $nT$  を、

【数4】  $\eta_1 T$ 、 $\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\beta_2 T$ 、 $\dots$

$\dots$ 、 $\alpha_i T$ 、 $\beta_i T$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_m T$ 、 $\beta_m T$ 、 $\eta_2 T$

(ただし、 $m$  はパルス分割数で  $m = n - k$ 、 $k$  は  $0 \leq k \leq 2$  なる整数とする。また、 $\Sigma_1 (\alpha_i + \beta_i) + \eta_1 + \eta_2 = n$  とし、 $\eta_1$  は  $\eta_1 \geq 0$  なる実数、 $\eta_2$  は  $\eta_2 \geq 0$  なる実数、 $0 \leq \eta_1 + \eta_2 \leq 2.0$  とする。 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) は  $\alpha_i > 0$  なる実数とし、 $\beta_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) は  $\beta_i$

$>0$ なる実数とする。 $\alpha_1=0.1\sim1.5$ 、 $\beta_1=0.3\sim1.0$ 、 $\beta_n=0\sim1.5$ とし、 $2\leq i\leq m$ なる*i*において $\alpha_i$ は $0.1\sim0.8$ の範囲にあり、かつ、*i*によらず一定とする。なお、 $3\leq i\leq m$ なる*i*において $\alpha_i+\beta_{i-1}$ は $0.5\sim1.5$ の範囲にあり、かつ、*i*によらず一定とする。)の順に分割し、

$\alpha_1 T$  ( $1\leq i\leq m$ )の時間内においては記録層を溶融させるにたる $P_w\geq P_e$ なる記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、 $\beta_1 T$  ( $1\leq i\leq m$ )の時間内においては、 $0<P_b\leq 0.2P_e$  (ただし、 $\beta_n T$ においては、 $0<P_b\leq P_e$ となりうる)なるバイアスパワー $P_b$ の記録光を照射し、

線速度によらず $m$ 、 $\alpha_i+\beta_{i-1}$  ( $3\leq i\leq m$ )、 $\alpha_i T$ 、及び $\alpha_i T$  ( $2\leq i\leq m$ )を一定とし、線速度が小さいほど $\beta_n$ が単調に増加するように変化させることを特徴とする光記録方法。

【請求項15】 各記録線速度での最大記録パワーを $P_{w_{max}}$ 、最小記録パワーを $P_{w_{min}}$ とすると、  
 $P_{w_{max}}/P_{w_{min}}\leq 1.2$ 、  
 $P_e/P_w=0.4\sim0.6$ 、  
 $0\leq P_b\leq 1.5$  (mW)

である請求項14に記載の光記録方法。

【請求項16】 記録線速度が $5\text{ m/s}$ 以下において、 $\alpha_1<0.5$ である請求項15に記載の光記録方法。

【請求項17】 最大記録線速度における $\beta_n$ を $\beta_n^H$ 、最小記録線速度における $\beta_n$ を $\beta_n^L$ としたとき、他の記録線速度における $\beta_n$ は、 $\beta_n^L$ と $\beta_n^H$ の間の値とし、

記録線速度によらず $P_b$ 、 $P_e/P_w$ 比が一定である請求項15に記載の光記録方法。

【請求項18】 記録線速度によらず $\beta_n$ が一定である請求項14乃至16のいずれかに記載の光記録方法。

【請求項19】 所定の記録領域を有する光学的情報記録用媒体を回転させて情報を複数のマーク長により記録する方法であって、

記録領域を半径方向に複数のゾーンに分割し、各ゾーン内においては、線速度一定で記録を行うものとし、最内周ゾーンにおける記録線速度 $v_{in}$ と最外周ゾーンにおける記録線速度 $v_{out}$ の比 $v_{out}/v_{in}$ が $1.2\sim2$ であり、 $\beta_n$ を各ゾーンの線速度に応じて変化させる請求項14乃至18のいずれかに記載の光記録方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、書換え可能なDVDなど、相変化型記録層を有する高密度記録用の光記録媒体及び光記録方法に関わり、特に、1ビームオーバーライト時における線速度依存性および記録パワー依存性と、記録マークの経時安定性の改善された光記録媒体及び光記録方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般にコンパクトディスク(CD)やDVDは、凹ピットの底部及び鏡面部からの反射光の干渉により生じる反射率変化を利用して2値信号の記録及びトラッキング信号の検出が行われている。近年、CDと互換性のある媒体として、相変化型の書換え可能なコンパクトディスク(CD-RW、CD-Rewritable)が広く使用されつつある。また、DVDについても、相変化型の書換え可能なDVDが各種提案されている。

【0003】これら相変化型の書換え可能なCD及びDVDは、非晶質と結晶状態の屈折率差によって生じる反射率差および位相差変化を利用して記録情報信号の検出を行う。通常の相変化媒体は、基板上に下部保護層、相変化型記録層、上部保護層、反射層を設けた構造を有し、これら層の多重干渉を利用して反射率差および位相差を制御しCDやDVDと互換性を持たせることができる。CD-RWにおいては、反射率を $15\sim25\%$ に落とした範囲内ではCDと記録信号及び溝信号の互換性が確保でき、反射率の低いことをカバーする増幅系を付加したCDドライブでは再生が可能である。

【0004】なお、相変化型記録媒体は消去と再記録過程を1つの集束光ビームの強度変調のみによって行うことができるため、CD-RWや書換え可能DVD等の相変化型記録媒体において記録とは、記録と消去を同時に行うオーバーライト記録を含む。相変化を利用した情報の記録には、結晶、非晶質、又はそれらの混合状態を用いることができ、複数の結晶相を用いることもできるが、現在実用化されている書換え可能相変化型記録媒体は、未記録・消去状態を結晶状態とし、非晶質のマークを形成して記録するのが一般的である。記録層の材料としてはいずれもカルコゲン元素、即ちS、Se、Teを含むカルコゲナイド系合金を用いることが多い。

【0005】例えば、GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>疑似二元合金を主成分とするGeSbTe系、InTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>疑似二元合金を主成分とするInSbTe系、Sb<sub>0.7</sub>Te<sub>0.3</sub>を共晶系を主成分とするAgInSbTe系合金、GeSnTe系などである。このうち、GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>疑似二元合金に過剰のSbを添加した系、特に、Ge<sub>1</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>、もしくはGe<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>などの金属間化合物近傍組成が主に実用化されている。

【0006】これら組成は、金属間化合物特有の、相分離を伴わない結晶化を特徴とし結晶成長速度が速いため、初期化が容易で、消去時の再結晶化速度が速い。このため従来より、実用的なオーバーライト特性を示す記録層としては、疑似二元合金系や金属間化合物近傍組成が注目されていた(文献Jpn. J. Appl. Phys., vol. 69(1991), p.2849、あるいはSPIE, Vol. 2514(1995), pp.294-301等)。

【0007】しかし一方、これら組成においては、準安

定な正方晶系の結晶粒が成長する。この結晶粒は粒界が明確であり、かつ大きさが不揃いで、その方位により光学異方性が顕著なため、光学的なホワイトノイズを生じやすいという問題がある。そして、このような粒径及び光学特性の異なる結晶粒は、非晶質マークの周囲に成長しやすいために、マークのジッタが増加しやすく、或いは、周囲の結晶とは光学特性が異なるため、消え残りとして検出されやすかった。このため、高線速での記録や、高密度のマーク長変調記録においては、良好な再生特性が得られないという問題があった。具体的には、書換え型DVDの規格では最短マーク長が $0.6\mu\text{m}$ であるが、より最短マーク長を縮めていくと、急激にジッタが増加することが判明した。

【0008】ところで、ジッタの改善策として、いわゆる吸収率補正がある。従来の4層構成では、通常、記録層の吸収する光エネルギーは、反射率の高い結晶状態で吸収する光エネルギー $A_c$ が、反射率の低い非晶質状態で吸収する光エネルギー $A_a$ より小さい( $A_c < A_a$ )。このためオーバーライト時に、元の状態が結晶状態であったか非晶質状態であったかにより、新しい記録マークの形状等が変わってしまいジッタが増加するという問題がある。これを、結晶状態と非晶質状態の光エネルギーの吸収効率をほぼ同じようにし、元の状態によらずマーク形状を安定させ、これによりジッタを低減するのである。さらには、結晶は熔融時に潜熱の分だけ余分に熱が必要なため、結晶状態のほうがより光エネルギーを吸収するようにするのが好ましい( $A_c > A_a$ )。

【0009】この関係を達成するには、光吸収性の層を少なくとも1層追加して5層以上の構成とし、非晶質状態における光吸収の一部をこの吸収層で奪う方法がある。例えば、 $\text{Au}$ や $\text{Si}$ などの吸収層を下部保護層と基板の間や上部保護層上に挿入する(Jpn.J.Appl.Phys., vol.37(1998), pp3339-3342、Jpn.L.Appl.Phys., Vol.37(1998), pp2516-2520)。

【0010】しかしながら、このような層構成は、吸収層の耐熱性や密着性に問題があり、繰返しオーバーライトすると微視的変形や剥離などの劣化が顕著である。また、剥離等を生じやすいために経時安定性もそこねてしまう。すなわち、従来の4層構成を維持しながら高密度化を達成することは、 $\text{GeTe}-\text{Sb}_2\text{Te}_3$ 疑似二元合金記録層では困難であった。しかも、 $\text{GeTe}-\text{Sb}_2\text{Te}_3$ 疑似二元合金記録層では、複屈折率が短波長ほど実部が小さく虚部が大きくなるという波長依存性があるため、特に、短波長レーザー光を光源として用いた場合には、 $A_c > A_a$ なる条件を達成しにくい。

【0011】そこで近年、記録層材料として、 $\text{AgInSbTe}$ 四元系合金が使用されつつある。 $\text{AgInSbTe}$ 四元系合金は40dBにも及ぶ高消去比が得られることが特徴であり、従来の4層構成で、吸収率補正をすることなく、高線速で高密度のマーク長変調記録が行え

る。ただし、高速記録が行えることは、通常、結晶化速度が速く消去しやすいことを意味するため、非晶質マークも結晶化されやすく、記録されたマークの経時安定性が悪い場合が多い。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】近年、情報量が増大し、記録時間の短縮や情報転送の高速化のために、最近ではより高速で記録再生可能な媒体が求められている。例えばCDの標準速度(1倍速)は $1.2\sim 1.4\text{m/s}$ であるが、4倍速での記録が可能なCD-RWが商品化され、さらに8倍速、10倍速での記録が可能なCD-RWが求められている。一方、書換え可能なDVDとしては、DVD-RAM、DVD+RW、DVD-RWなど各種のものが提案あるいは商品化されている。しかしながら、再生専用のDVDと同等の容量である4.7GBの書換え可能なDVDは未だ実用化されていない。つまり、短いマークを高速で記録でき、かつマークの安定性のよい媒体が求められている。

【0013】しかし、従来、高速記録とマーク安定性は相反する性質と考えられ、この両方を同時に満たすことは困難と考えられてきた。本発明者らは、結晶化、非晶質化の原理について研究を重ねた結果、これらの特性全てを同時に満たす画期的な媒体を見いだした。すなわち、本発明においては、短いマークが高速で良好に記録でき、かつ、マーク安定性のよい光記録媒体及びそれに適した光記録方法を提供する。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の第一の要旨は、下記光学的情報記録媒体に存する。

【0015】すなわち、基板上に少なくとも相変化型記録層を有し、該記録層の結晶部を未記録・消去状態とし非晶質部を記録状態とし、最短マーク長 $0.5\mu\text{m}$ 以下の複数の記録マーク長により情報を記録するための光学的情報記録用媒体であって、該記録層は、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{1-y}$  ( $0.6 \leq x \leq 0.9$ ,  $0 < y \leq 0.1$ )合金を主成分とする薄膜からなり、該記録層は、一定線速度で、記録層を熔融させるに足る記録パワー $P_w$ の記録光を連続的に照射すると概ね結晶化されるほど再凝固時の結晶化速度が速く、該記録パワー $P_w$ を瞬間的に遮断すると非晶質マークが形成されることを特徴とする光学的情報記録用媒体に存する。

【0016】本発明の他の要旨は、上記媒体と併せ用いるに好ましい光記録方法に存する。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】本発明者らは、記録層の結晶状態を未記録・消去状態、非晶質状態を記録状態とする相変化媒体において、消去が、非晶質部又は熔融部と、周辺結晶部との境界からの結晶成長によって、実質的に進行する再結晶化により行われるような媒体が、高速かつ高密度で安定な記録を行うことができることを見だし

た。つまり、高速でオーバーライトすることができ、マークエッジのジッタが小さい、高密度のマーク長変調記録を行うことができ、形成されたマークの経時安定性が非常に良好である。

【0018】一般に、非晶質マークの消去は、記録層を結晶化温度以上融点近傍以下に加熱し、非晶質固相状態又は溶融状態としたのち、冷却するときに再結晶化することによって起こる。本発明者らの研究によれば、非晶質マークの消去、すなわち再結晶化は、(1) 非晶質領域内の結晶核生成と、(2) 非晶質部又は溶融部と、結晶部との境界を起点とする結晶成長、の2つのプロセスによって進行するが、前者の結晶核生成を殆ど起こらないようにし、実質的に、後者の結晶成長プロセスのみを利用することで、上記のような効果が得られることが分かった。

【0019】通常、結晶化は結晶化温度以上融点近傍以下で進行するが、結晶核生成はその温度範囲内でも比較的低温側、結晶成長は高温側で進行する。結晶核生成がなければ消去ができないというわけではなく、非晶質部又は溶融部を囲む周辺結晶領域との境界点を核として結晶成長が高速で進めば消去は可能である。特に、微小なマークあるいは短いマークほど、このような周辺結晶部からの結晶成長のみによってマーク中心まで瞬時に結晶化されやすいため、極めて短時間で完全に消去することができる。従って、最短マーク長が $0.5\mu\text{m}$ 以下という微小なマークを用いる高密度記録媒体においてこそ、効果が顕著であり、100ナノ秒オーダー以下で消去ができ、高速でのオーバーライトが可能である。なお、最短マーク長は、一般に、短いほど高密度記録ができるが、マークの安定性の面からは、10nm以上が好ましい。

【0020】また、マークの横幅が狭いほど、やはり周辺結晶部からの結晶成長のみによってマーク中心まで瞬時に結晶化されやすく好ましい。従って、情報を記録するトラックのトラックピッチは、例えば $0.8\mu\text{m}$ 以下とし、マークが横に広がらないようにするのが好ましい。通常、マーク横幅はトラックピッチの半分程度となる。なお、トラックピッチは、一般に、狭いほど高密度記録ができるが、マークの安定性の面からは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上が好ましい。トラックは溝のみであっても、溝とランドの両方であってもよい。

【0021】本発明の媒体は非晶質マークの経時安定性にも優れる。すなわち、周辺結晶部からの結晶成長は、結晶化温度以上融点近傍以下のなかでも、融点に近い比較的高温域のみで進行し、低温では殆ど進行しないので、一旦形成された非晶質マークは結晶化されにくく、経時安定性に優れる。結晶化温度は通常 $100^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ の範囲であるが、この温度程度までは熱的安定性が維持できる。

【0022】特に、 $100^{\circ}\text{C}$ 未満の通常の使用範囲で

は、記録された非晶質マークは極めて安定で、記録済み信号の振幅はほとんど劣化しない。逆に、そのような経時安定性から結晶核生成をほとんど伴わないことも結論できる。さらに、本発明の媒体は、マーク長記録において、極めて揺らぎの少ない、スムーズなマークエッジを形成できるという利点がある。一般に、非晶質マークを記録する際には、記録層を一旦溶融し再凝固させ非晶質とするが、マーク辺縁部は中心に比べ低温であるため、従来は、マーク辺縁部では結晶核成長による再結晶化が起こりやすく、非晶質の混在した粗大グレインが生じ、マークエッジゆらぎの原因となっていた。

【0023】本発明媒体は、消去時に、非晶質部又は溶融部と、結晶部との境界からの結晶成長が支配的で、かつ高速であるということは、記録時にも同様の原理がはたらき、溶融領域が再凝固し非晶質化する際にも、周辺結晶部からの結晶成長のみが起こり、結晶核成長による結晶化は起こりにくくマークエッジがゆらぎにくいという特徴がある。すなわち、周辺結晶部からの結晶成長は、結晶化温度以上融点近傍以下のなかでも、融点に近い比較的高温域のみで進行し、低温では殆ど進行しないので、溶融状態からの再凝固時に、温度が低下して融点を通する時点の冷却速度のみによって、非晶質マークの境界形状が決まる。

【0024】そして、従来問題であった、再凝固時に起きる結晶核成長による非晶質の混在した粗大グレインが非晶質マーク周辺にほとんど全く形成されないのである。これは、マークエッジのゆらぎによるノイズ抑制に極めて効果的であることが分かった。さらにまた、マークエッジ形状も経時的に変化することなく安定なので、初期ジッタが小さいだけでなく、ジッタの経時劣化もほとんどない。

【0025】本発明の結晶化の原理についてより詳細に説明する。本媒体においては、非晶質マークと周辺結晶部との境界部が結晶成長の核となるのであって、非晶質マーク内部ではほとんど結晶核が発生しない。従って、マーク境界部からのみ結晶が成長する。一方、従来のGeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系の記録層は、非晶質マーク内に結晶核がランダムに生成し、それが成長して結晶化が進む。両者の結晶化過程の差は、透過電子顕微鏡で確認できる。非晶質マーク形成後の両記録層に、比較的低いパワーの消去光を直線的に照射すると、GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>系の記録層は、温度が高くなる非晶質マーク中央部から結晶化が進むのが観察されるのに対し、本発明記録層では、非晶質マーク周辺部から結晶成長しているのが観察される。特に、非晶質マークの前端及び後端からの結晶成長が著しい。

【0026】このような原理で消去が行われる記録層組成は、Sb<sub>0.7</sub>Te<sub>0.3</sub>共晶点近傍組成に、過剰のSbと20原子%程度までの他元素を添加した合金系に多く見いだされる。すなわち、 $\text{My}(\text{Sb}_x\text{Te}_{1-x})_{1-y}$  0.



$6 \leq x \leq 0.9$ ,  $0 < y \leq 0.2$ , MはGa、Zn、Ge、Sn、Si、Cu、Au、Al、Pd、Pt、Pb、Cr、Co、O、S、Se、Ta、Nb、Vのうちの少なくとも1種)合金を主成分とする薄膜である。Sb<sub>0.7</sub>Te<sub>0.3</sub>に過剰のSbを含む合金は、非晶質マーク周辺部の結晶からの結晶成長が、GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>擬似二元合金系と比べて著しく大きい、高線速でのオーバーライトが可能という特徴を有する。過剰のSbは、非晶質マーク内のランダムな結晶核生成及び結晶核成長を促進するのではなく、周辺結晶部からの結晶成長速度を大幅に増大する。但し、SbTe二元合金では、結晶核生成も少なからず起こるため、非晶質マークの経時安定性が極めて悪く、適当な元素を添加する必要がある。

【0027】本発明者らの検討によれば、Geの添加は、結晶核生成の抑制に極めて効果的である。さて、非晶質マークの再結晶化が、実質的に周辺結晶部からの再結晶化のみに支配されているかどうかは、経時安定性の評価から間接的に知ることができる。具体的な評価方法としては、高温高湿下の加速環境試験を行ったときの、再生信号の変調度を測定する方法が挙げられる。

【0028】すなわち、最短マーク長0.5μm以下の複数のマーク長により信号を記録したとき、記録直後に再生した信号の変調度をM<sub>0</sub>とし、記録後、80℃80%RHの条件下で1000時間経過ののち再生した信号の変調度をM<sub>1</sub>とすると、

【0029】

【数5】 $M_1/M_0 \geq 0.9$

【0030】である。マーク長変調方式は限定されず、EFM変調、EFMプラス変調、(1,7)RLLN-RZI (run length limited-non return to zero inverted) 変調などを用いることができるが、図6に示すようなランダム信号を、最短マーク長を0.5μm以下として記録する。本評価の際には、最短マーク長は0.2μm程度以上とするのが好ましい。なお、全ての評価条件において上記式を満たす必要はなく、一つの評価条件において上記式を満たせばよい。

【0031】一例としては、最短マーク長0.4μmの複数のマーク長により、EFMプラス変調方式のランダム信号を記録する。変調度は、その変調方式の最長マークの信号振幅をトップの信号強度で規格化したものである。図6にEFMプラス変調されたランダム信号を記録し再生したときのDC再生信号(直流成分を含む再生信号)の波形を示す。変調度は、14Tマークのトップの信号強度I<sub>top</sub>と信号振幅I<sub>14</sub>との比I<sub>14</sub>/I<sub>top</sub>として定義される。変調度が不変であれば、非晶質マークサイズは十分安定であると判断できる。加速試験前に記録したランダム信号の変調度が、加速試験後にも初期の値の90%以上を保っていれば、結晶核生成を実質的に伴わないことが推定できる。

【0032】本発明の記録層では、周辺結晶部からの結晶成長は融点直下の高温領域で起こりやすいため、非晶質マーク形成のために記録層を溶融し再凝固させる時にも、周辺結晶部から結晶成長が起こり得る。従って、溶融後の冷却速度が遅く非晶質として固化するに必要な臨界冷却速度に達しない場合、溶融領域全体がほとんど瞬時に再結晶化してしまう。

【0033】これは以下の実験により確認できる。記録再生光を案内する溝を設けた0.6mm厚のポリカーボネート基板上に、(ZnS)<sub>80</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>20</sub>第1保護層を膜厚68nm、Ge<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.71</sub>Te<sub>0.24</sub>記録層を膜厚18nm、(ZnS)<sub>80</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>20</sub>第2保護層を膜厚20nm、Al<sub>0.995</sub>Ta<sub>0.005</sub>反射層を膜厚250nm、この順に設け、さらに紫外線硬化樹脂保護層を膜厚4μm設けた。これら2枚を、記録層のある側を内側にしてホットメルト接着剤で貼合せて光記録媒体とした。本記録層組成は、線速約7m/s以上でオーバーライト可能とすべくSb/Te≒3とした。本媒体に、長径約100μm、短径約1.5μmの楕円レーザー光を、短軸方向に走査して溶融再結晶化して初期化した。

【0034】本媒体に、波長637nm、NA=0.63の集束光を、案内溝に従って線速7m/sで照射した。記録パワーP<sub>w</sub>が10mWの記録光を直線的に照射したのち、パワーを急激に落とし1mWとした。即ち、実質的に記録光を遮断した。なお、ビーム径は約0.9μmで、ガウシアンビームでエネルギー強度がピーク強度の1/e<sup>2</sup>以上となる領域に相当する。

【0035】図2に、記録光を遮断した前後での反射率変化を示す。図2の下段のごとく、時間の経過に従って、記録光を遮断した。図2下段の左側で記録光が連続的に、すなわち直線的に照射され、右側では遮断されている。同じ領域を、再生パワー1.0mWの再生光で走査したところ、図2上段のような再生波形が得られた。これは反射率変化に対応している。

【0036】記録光を瞬間的に遮断した付近で反射率が低下しており、その前後では反射率はほぼ同じである。TEM観察により、反射率低下部は非晶質となっており、その前後では結晶であることが確認された。すなわち、記録光を連続的に照射している限りは溶融部は再結晶化してしまい、記録光を遮断した部分の近辺の溶融領域だけが非晶質化する。

【0037】これは、記録光を連続的に照射した場合には、後続部分からの余熱により記録層の冷却速度が抑制され、非晶質形成に必要な臨界冷却速度が得られないのに対して、記録光を一旦、遮断することで、後続部分からの余熱を遮断し、冷却速度を上げることができるからである。なお、記録パワーP<sub>w</sub>を7mW以上としたとき、記録光の遮断によって、非晶質マークが形成されていた。

【0038】検討の結果、本発明の媒体は、一定線速度



で、記録層を熔融させるに足る記録パワー  $P_w$  の記録光を連続的に照射すると概ね再結晶化され、一定線速度で、記録層を熔融させるに足る記録パワー  $P_w$  の記録光に続けて、パワーがほぼ0の記録光を照射すると非晶質マークが形成されることが分かった。パワーがほぼ0とは、厳密に0である必要はなく、 $0 \leq P_b \leq 0.2 P_w$  なるバイアスパワー  $P_b$ 、より好ましくは  $0 \leq P_b \leq 0.1 P_w$  なるバイアスパワー  $P_b$  とすることである。

【0039】本発明においては、熔融部の再凝固時の再結晶化は、ほとんど、周辺の固相結晶部からの結晶成長によってのみ起こる。従って再結晶化部は非晶質マークの中心部には形成されないため、なめらかで連続的なマークエッジが形成される。従来、このように著しく再結晶化しやすい材料は、マーク長記録用の記録層に適さないと考えられてきた。なぜなら、長マークを形成するために記録光を長く照射すると、熔融領域のほとんどは結晶化してしまうからである。

【0040】しかし、本発明者らの検討によれば、最短マーク長  $0.5 \mu\text{m}$  未満という高密度記録においては、熔融領域の非晶質化と、周辺の固相結晶部の境界からの再結晶化との競合過程を積極的に用いたほうが、良好なジッタを得ることができる。そのために、後述のごとく長さ  $nT$  のマークの形成に、記録パワー  $P_w$  印加区間とその遮断区間、即ちバイアスパワー  $P_b$  印加区間を組み合わせた、パルス分割方式が極めて有効であることを見いだしたのである。

【0041】パルス分割方式により記録すると、図1のように、矢羽型（もしくは三日月型）の非晶質部が連なって非晶質マークが形成される。該マークの始端の形状は先頭の矢羽型非晶質部の始端の形状によって、該マークの後端の形状は最後端の矢羽型非晶質部の後端の形状によってのみ定まる。通常、非晶質部の始端形状はなめらかであるから、マーク始端形状もなめらかである。前方への熱の逃げにより冷却速度は十分高く保たれるから、ほぼ熔融領域先端の形状を反映し、従って記録パルスの立上がり時間により支配されるからである。記録パルス、即ち  $P_w$  印加区間の立上がりは、2～3ナノ秒以下であればよい。

【0042】一方、非晶質部の後端形状は、記録パルスの立下がり時間で決まる冷却速度と、周辺、特に後端の結晶部から進行する再結晶化領域の大きさによって定まる。冷却速度を十分高くするためには、 $P_w$  印加区間の立下がり、2～3ナノ秒以下が望ましい。再結晶化領域の大きさは、オフパルス、即ち  $P_b$  印加区間の長さにより正確に制御できる。さらに、層構成として前述の超急冷構造を適用して、記録層の冷却速度をできるだけ急峻にするとともに、冷却速度の空間分布をマーク後端付近で急峻になるようにして、マーク端部の位置がゆらがないようにすることも重要である。

【0043】さて、本発明者らは、短マークを高速で記

録でき、かつ記録マークの経時安定性に優れた光記録媒体について鋭意検討の結果、 $Sb_{0.7}Te_{0.3}$  共晶組成近傍に  $Ge$  を添加した特定組成が特に優れることを見出すとともに、層構成を適切に選ぶことにより、他の特性にも優れた光記録媒体を得た。すなわち、 $Sb_{0.7}Te_{0.3}$  に過剰の  $Sb$  及び  $Ge$  を加えた従来にない三元合金に着目し、高密度なマーク長変調記録への適性を検討した。その結果、図3に示す  $GeSbTe$  三元状態図において、4本の直線A、B、C、Dに囲まれた、極めて限定的な  $Ge-Sb-Te$  比の記録層組成を用いた媒体が、高密度なマーク長変調記録において、繰返しオーバーライト耐久性と経時安定性に特に優れることを見いだしたものである。

【0044】すなわち、 $GeSbTe$  三元状態図において、 $(Sb_{0.7}Te_{0.3})$  と  $Ge$  を結ぶ直線A、 $(Ge_{0.03}Sb_{0.68}Te_{0.29})$  と  $(Sb_{0.95}Ge_{0.05})$  を結ぶ直線B、 $(Sb_{0.9}Ge_{0.1})$  と  $(Te_{0.9}Ge_{0.1})$  を結ぶ直線C、及び  $(Sb_{0.8}Te_{0.2})$  と  $Ge$  を結ぶ直線Dの4本の直線で囲まれた領域（ただし、境界線上を含まない）の組成を有する  $GeSbTe$  合金を主成分とする薄膜を記録層とする。この記録層に後述の層構成を用いることにより、最短マーク長  $0.5 \mu\text{m}$  以下の高密度マーク長変調記録に非常に適した媒体となるのである。そして、DVDと同等の記録密度とDVDとの優れた再生互換性を得ることができる。

【0045】かつ、繰返しオーバーライト耐久性や、記録パワー・消去パワーの変動に対して良好なジッタが得られるマージンを広く確保できる。この組成範囲内では、 $Sb_yTe_{1-y}$  合金において  $y=0.7$  より  $Sb$  量が多いほど、過剰の  $Sb$  量が増え、結晶化速度が速く高線速でのオーバーライトが可能になる。

【0046】より具体的には、EFMプラス変調記録（8-16変調のマーク長変調記録）において、最短マークである3Tマークの長さを  $0.4 \mu\text{m}$  あるいは  $0.35 \mu\text{m}$  程度まで短縮しても、良好なジッタが得られる。また、十分なサーボ信号が得られ、既存の再生専用DVDドライブでトラッキングサーボをかけることができる。さらに、線速  $1 \sim 10 \text{ m/s}$  のいずれかの線速度でオーバーライト可能である。

【0047】これにより、再生専用DVDと同容量でほぼ再生互換性のある書換え型DVDを得ることができる。過剰な  $Sb$  量を制御すれば、さらに、 $8 \text{ m/s}$  以上の高線速で、上記のような高品質、高密度のオーバーライトが可能である。また、記録パルス分割方法（パルスストラテジー）を後述のように線速に応じて変化させることで、少なくとも  $3 \sim 8 \text{ m/s}$  を含む広い線速範囲において良好なオーバーライトが可能になる。

【0048】本組成について、以下に詳細に説明する。 $Ge$  添加量が10原子%以下の  $Sb_{0.7}Te_{0.3}$  共晶点近傍組成では、 $Sb/Te$  比が大きいほど結晶化速度が速

くなる傾向がある。これは、 $Sb_{0.7}Te_{0.3}$ より過剰のSbはSbクラスタとして析出し再結晶化過程において結晶核として働くからである。そして、 $Sb_{0.7}Te_{0.3}$ より過剰のSbがない場合は消去性能が不十分で実質的にオーバーライト不可能である。また、初期化時に核生成がほとんどないため、初期化が困難で生産性が非常に悪いという問題もある(直線A)。

【0049】一方、 $Sb_{0.7}Te_{0.3}$ 共晶二元合金でSb量を増やしていくと、結晶化速度が速くなるのと引き替えに、結晶化温度も低下し、非晶質マークの経時安定性を損ねてしまう。また、 $3m/s$ 前後の低線速での記録に適さないし、形成された非晶質マークが短時間の再生光(レーザーパワー約1mW程度)照射で消えてしまう。従って、( $Sb_{0.8}Te_{0.2}$ )とGeを結ぶ直線Dよりも過剰のSbは含まれるべきではない。

【0050】また、直線AとDで規定された過剰のSb量の範囲においては、SbTe二元のままでは、結晶化温度が低いうえに過剰Sbの結晶核が存在して非晶質マークが不安定になりすぎるため、過剰Sb量が多いほどGeを添加する。Geの4配位結合により、結晶核生成をほぼ完全に抑制する。結果として結晶化温度は上昇し、経時安定性が増す。(Ge<sub>0.03</sub>Sb<sub>0.68</sub>Te<sub>0.29</sub>)と( $Sb_{0.95}Ge_{0.05}$ )を結ぶ直線Bはこの条件を規定している。より好ましくは、(Ge<sub>0.03</sub>Sb<sub>0.68</sub>Te<sub>0.29</sub>)と( $Sb_{0.9}Ge_{0.1}$ )を結ぶ直線B'よりも多くGeを含ませる。

【0051】さらには、Ge含有量が10原子%以上となるとマーク長記録時のジッタが悪化するし、繰返しオーバーライトによって高融点のGe化合物、とくにGeTeが偏析しやすくなる。また、成膜直後の非晶質膜の結晶化が極めて困難になるので好ましくない(直線C)。ジッタを低減するために、より好ましくはGeは7.5原子%以下とする。

【0052】なお、線速度 $3m/s$ 以上でオーバーライトするには、記録層をGe<sub>x</sub>(Sb<sub>y</sub>Te<sub>1-y</sub>)<sub>1-x</sub>合金を主成分とする薄膜( $0.04 \leq x < 0.10$ 、 $0.72 \leq y < 0.8$ )とするのが好ましい。すなわち、線速度 $3m/s$ 以上での記録には、Sb量を多くし、Sb<sub>y</sub>Te<sub>1-y</sub>合金において $y \geq 0.72$ とするのが好ましい。ただし、Sb量を多くすることにより非晶質マークの安定性が若干悪化するため、これを補うのに $x \geq 0.04$ とGeを多めにするのが好ましい。さらには、線速度 $7m/s$ 以上でオーバーライトするには、記録層をGe<sub>x</sub>(Sb<sub>y</sub>Te<sub>1-y</sub>)<sub>1-x</sub>合金を主成分とする薄膜( $0.045 \leq x \leq 0.075$ 、 $0.74 \leq y < 0.8$ )とするのが好ましい。すなわち、線速度 $7m/s$ 以上での記録には、Sb量をさらに多くし、Sb<sub>y</sub>Te<sub>1-y</sub>合金において $y \geq 0.74$ とするのが好ましい。このとき、非晶質マークの安定性を上げるため、Ge量は $x \geq 0.045$ とする。一方、高線速ではジッタが悪化しやすいため、

これを補うためにGe量は $x \leq 0.075$ とする。

【0053】さて、従来よりGeSbTe三元組成、もしくはこの三元組成を母体として添加元素を含有する記録層組成に関して報告がなされている(特開昭61-258787号公報、同62-53886号公報、同62-152786号公報、特開平1-63195号公報、同1-211249号公報、同1-277338号公報)。しかしながら、これらに記載された組成はいずれも、( $Sb_{0.7}Te_{0.3}$ )とGeを結ぶ直線AよりSbプアな組成であり、本発明組成範囲とは異なる。これらはむしろ、Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>金属化合物組成を主体としている。また、GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>擬似二元合金系では、本発明とは逆に、過剰のSbは結晶化速度を遅らせるという効果があるため、 $5m/s$ 以上の高線速でオーバーライトする場合には、GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>の直線上、特にGe<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>組成に、過剰のSbを含ませることはむしろ有害である。過剰なSbを含む $Sb_{0.7}Te_{0.3}$ 近傍でGeを含む第3元素を選択的に加えた組成としては、特開平1-100745号公報(図4(a)組成範囲α)、特開平1-303643号公報(図4(a)組成範囲β)に記載されたものがある。

【0054】しかしながら、特開平1-100745号公報は、母体組成であるSb<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub>において $0.10 \leq x \leq 0.80$ と極めて広範囲であり、 $Sb_{0.7}Te_{0.3}$ よりSb過剰な領域のみを利用することで、高密度記録において繰返しオーバーライト耐久性と経時安定性に優れるという本願思想は見られない。特開平1-303643号公報は、本願のごとき高密度記録においてSbが直線Dを超えて過剰に含まれると非晶質マークの経時安定性が損なわれるとの弊害について触れられていない。また、いずれの公報もGeが直線Cを超えて過剰に含まれることの弊害については触れていない。

【0055】また、本発明の記録層組成と一部重複する組成としては、図4(b)に示されるように、特開平1-115685号公報(組成範囲γ)、同1-251342号公報(組成範囲δ)、同3-71887号公報(組成範囲ε)及び同4-28587号公報(組成範囲η)に記載されたものがある。特開平1-115685号公報は、組成範囲γを母体としてAu、Pdを添加するものであるが、低密度記録を目的とし、本発明組成とは直線A及び直線Bにより実質的に区別されている。該公報の組成は、マーク長約 $1.1 \mu m$ に相当する低密度での記録(線速 $4m/s$ 、周波数 $1.75MHz$ 、デューティ50%の方形波)とDC消去に適したものであるため、短マークを含む高密度記録を目的とする本発明の組成とは、適する組成が異なると考えられる。

【0056】特開平1-251342号公報の組成範囲δは、 $Sb_{0.7}Te_{0.3}$ 共晶にGeを約10原子%以上添加した系を主体とする、極めてGeリッチなGeSbTe系であり、本発明組成とは直線Cによって実質的に区

別されている。組成範囲 $\delta$ のうちGeが10原子%より多く含まれる組成では、前述のように結晶化速度が遅く、特に成膜後の記録層を結晶化させる初期化操作が困難であるために、生産性が低く実用に供されないという深刻な問題がある。該公報においては、この結晶化速度の問題を克服するために、結晶核となるAu、Pdを別途添加しているが、本発明のように直線CよりGeが少ない領域では、そのような必要はない。また、該公報においては、Geの量が10原子%より少ないと記録部と非記録部で十分な光量変化が得られないと記載されているが、本発明においては、保護層や反射層を含む層構成を工夫することによって、変調度60%以上という非常に大きな反射光量変化が得られている。特開平3-71887号公報の組成範囲 $\epsilon$ は、低密度記録を目的とし、本発明組成とは直線Cによって実質的に区別されている。特に本発明組成範囲を利用することで、高密度記録において繰返しオーバーライト耐久性と経時安定性に優れるという本願思想は見られない。特開平4-28587号公報の組成範囲 $\eta$ は、極めてSbリッチおよびGeリッチな組成を含んでおり、本発明組成とは直線Dによって実質的に区別されている。以上述べたように、上記いずれの公報も、本発明の目的とする、最短マーク長が0.5 $\mu$ m以下となるような高密度なマーク長変調記録に関する技術的課題は明らかにされておらず、そのための最適組成の選択、層構成や記録方法の改善については全く開示されていない。

【0057】次に、本発明の光学的情報記録用媒体の層構成について説明する。本発明の媒体は、上述した組成の記録層と以下の層構成を組み合わせることで、最短マーク長0.5 $\mu$ m以下の高密度マーク長変調記録をする際に、少なくとも3m/sから8m/s、好ましくは1m/sから10m/sをカバーする広い線速範囲でオーバーライト可能な媒体を実現することができる。そして、いわゆるDVDと再生互換を維持することができる。相変化型記録層は、上下の少なくとも一方を保護層で被覆されている。

【0058】さらに図5(a)に示すように、基板1/第1保護層2/記録層3/第2保護層4/反射層5の構成を有し、その上を紫外線もしくは熱硬化性の樹脂で被覆(保護コート層6)されている。図5(a)のような各層の順序は、透明基板を介して記録再生用の集束光ビームを記録層に照射する場合に適している。あるいは、上記各層の順序を逆にして、図5(b)のように、基板1/反射層5/第2保護層4/記録層3/第1保護層2という順に積層される構成もとりうる。この層構成は、第1保護層側から集束光ビームを入射する場合に適している。このような構成は、対物開口数NAが0.7以上で、記録層と対物レンズの距離を縮める必要が高い場合に有用である。

【0059】図5(a)に示す構成であれば、基板に

は、ポリカーボネート、アクリル、ポリオレフィンなどの透明樹脂、あるいは透明ガラスを用いることができる。なかでも、ポリカーボネート樹脂はCDにおいて最も広く用いられている実績もあり、安価でもあるので最も好ましい。図5(b)に示す構成でも同様に樹脂あるいはガラスが使用できるが、基板自体は透明である必要はなく、むしろ平坦性や剛性を高めるために、ガラスやアルミニウム合金を用いることが好ましい場合がある。基板には記録再生光を案内するピッチ0.8 $\mu$ m以下の溝を設けるが、この溝は、必ずしも幾何学的に台形状の溝である必要はなく、たとえば、イオン注入などによって、屈折率の異なる導波路のようなものを形成して光学的に溝が形成されていても良い。

【0060】図5(a)に記載の層構成においては、記録時の高温による変形を防止するため、基板表面には第1保護層2が、記録層3上には第2保護層4が設けられる。第2保護層4は記録層3と反射層5の相互拡散を防止し、記録層の変形を抑制しつつ、反射層5へ効率的に熱を逃すという機能を併せ持つ。図5(b)においても集束光ビーム入射側からみて、第2保護層4は記録層3と反射層5との間の相互拡散防止、放熱、記録層変形防止の機能を有する。図5(b)における第1保護層は、記録層の変形防止や、記録層と空気との直接接触防止(酸化汚染等の防止)、光ピックアップとの直接接触による損傷防止の機能がある。

【0061】反射層と基板のあいだに、さらに保護層を設けてもよい。例えば、樹脂製基板への熱ダメージを防ぐことができる。図5(b)に記載の構成においては、第1保護層2のさらに外側には、それより硬質の誘電体や非晶質カーボン保護膜を設けたり、紫外線あるいは熱硬化性樹脂層を設けることが望ましい。あるいは、厚さ0.05~0.6mm程度の透明な薄板を貼合わせ、この薄板を介して集束光ビームを入射することも可能である。

【0062】さらに、DVDのような媒体においては、図5(a)の媒体を記録層面を内側として、接着剤で貼り合せた構造をとる。図5(b)の媒体では、逆に記録層面を外側にして貼り合せることになる。さらに図5(b)の媒体においては、一枚の基板の両面に射出成形によってトラッキング用の溝を形成し、両面にスパッタ法によって多層膜を形成しても良い。記録層3、保護層2、4、反射層5はスパッタリング法などによって形成される。記録層用ターゲット、保護層用ターゲット、必要な場合には反射層材料用ターゲットを同一真空チャンバー内に設置したインライン装置で膜形成を行うことが各層間の酸化や汚染を防ぐ点で望ましい。

【0063】保護層2、4の材料としては、屈折率、熱伝導率、化学的安定性、機械的強度、密着性等に留意して決定される。一般的には透明性が高く高融点である金属や半導体の酸化物、硫化物、窒化物、炭化物やCa、

Mg, Li等のフッ化物を用いることができる。これらの酸化物、硫化物、窒化物、炭化物、フッ化物は必ずしも化学量論的組成をとる必要はなく、屈折率等の制御のために組成を制御したり、混合して用いることも有効である。

【0064】保護層2、4は厚さ方向で組成比や混合比を変化させてもよい。また、保護層2、4はそれぞれ複数膜からなってもよい。各膜は要求される特性に応じ、材料や組成比、混合比を異ならせることができる。繰返し記録特性を考慮するとこれらの保護層の膜密度はバルク状態の80%以上であることが機械的強度の面から望ましい。混合物誘電体薄膜を用いる場合には、バルク密度として下式の理論密度を用いる。

【0065】

【数6】  $\rho = \sum m_i \rho_i$  (1)

$m_i$ : 各成分iのモル濃度

$\rho_i$ : 単独のバルク密度

【0066】本発明の媒体の記録層3は相変化型の記録層であり、その厚みは一般的に5nmから100nmの範囲が好ましい。記録層3の厚みが5nmより薄いと十分なコントラストが得られ難く、また結晶化速度が遅くなる傾向があり、短時間での消去が困難となりやすい。一方100nmを越すとやはり光学的なコントラストが得にくくなり、また、クラックが生じやすくなる。さらに、DVDなど再生専用ディスクと互換性をとれるほどのコントラストを得る必要があり、かつ、最短マーク長が0.5 $\mu$ m以下となるような高密度記録では、5nm以上25nm以下が好ましい。5nm未満では反射率が低くなりすぎ、また、膜成長初期の不均一な組成、疎な膜の影響が現れやすいので好ましくない。

【0067】一方、25nmより厚いと熱容量が大きくなり記録感度が悪くなるし、結晶成長が3次元的になるため、非晶質マークのエッジが乱れジッタが高くなる傾向にある。さらに、記録層の相変化による体積変化が顕著になり繰返しオーバーライト耐久性が悪くなるので好ましくない。マーク端のジッタ及び繰返しオーバーライト耐久性の観点からは20nm以下とすることがより望ましい。また、記録層の密度はバルク密度の80%以上、より好ましくは90%以上であることが望ましい。ここでいう、バルク密度とは、もちろん、合金塊を作成して実測することもできるが、上記(1)式において、各成分のモル濃度を各元素の原子%に置き換え、バルク密度を各元素の分子量に置き換えることで近似値が得られる。

【0068】記録層の密度はスパッタ成膜法においては、成膜時のスパッタガス(Ar等の希ガス)の圧力を低くする、ターゲット正面に近接して基板を配置するなどして、記録層に照射される高エネルギーAr量を多くすることが必要である。高エネルギーArはスパッタのためにターゲットに照射されるArイオンが、一部跳

ね返されて基板側に到達するものか、プラズマ中のArイオンが基板全面のシース電圧で加速されて基板に達するものかのいずれかである。このような高エネルギーの希ガスの照射効果をatomic peening効果という。一般的に使用されるArガスでのスパッタではatomic peening効果により、Arがスパッタ膜に混入される。膜中のAr量により、atomic peening効果を見積もることができる。すなわち、Ar量が少なければ、高エネルギーAr照射効果が少ないことを意味し、密度の疎な膜が形成されやすい。一方、Ar量が多ければ高エネルギーArの照射が激しく、密度は高くなるものの、膜中に取り込まれたArが繰返しオーバーライト時にvoidとなって析出し、繰返しの耐久性を劣化させる。記録層膜中の適当なAr量は、0.1原子%以上、1.5原子%以下である。さらに、直流スパッタリングよりも高周波スパッタリングを用いた方が、膜中Ar量が少なくして、高密度膜が得られるので好ましい。

【0069】本発明において、記録層は上述の組成を有するGeSbTe合金を主成分とする薄膜からなる。すなわち、記録層中のGe、Sb、Teの各元素量の比が上述の組成範囲にあればよく、記録層には必要に応じて他の元素を、合計10原子%程度まで添加してもよい。記録層にさらに、O、N、及びSから選ばれる少なくとも一つの元素を、0.1原子%以上5原子%以下添加することで、記録層の光学定数を微調整することができる。しかし、5原子%を超えて添加することは、結晶化速度を低下させ消去性能を悪化させるので好ましくない。

【0070】また、オーバーライト時の結晶化速度を低下させずに、経時安定性を増すために、V、Nb、Ta、Cr、Co、Pt及びZrの少なくとも一種を、8原子%以下添加するのが好ましい。より好ましくは、0.1原子%以上5原子%以下添加する。SbTeに対する、これら添加元素とGeの合計の添加量は全部で15原子%以下であることが望ましい。過剰に含まれるとSb以外の相分離を誘起してしまう。特に、Ge含有量が3原子%以上、5原子%以下の場合には添加効果が大きい。経時安定性の向上と屈折率の微調整のために、Si、Sn、及びPbの少なくとも一種を、5原子%以下添加するのが好ましい。これら添加元素とGeの合計の含有量は15原子%以下が好ましい。これら元素はGeと同じ4配位ネットワークを持つ。

【0071】Al、Ga、Inを8原子%以下添加することは、結晶化温度を上昇させると同時に、ジッタを低減させたり、記録感度を改善する効果もあるが、偏析も生じやすいため、6原子%以下とするのが好ましい。また、Geとあわせた含有量は15原子%以下、好ましくは13%以下とすることが望ましい。Agを8原子%以下添加することはやはり記録感度を改善する上で効果が

あり、特にGe原子量が5原子%を超える場合に用いられ、効果が顕著である。しかし、8原子%を超える添加は、ジッタを増加させたり、非晶質マークの安定性を損ねるので好ましくないし、Geと合わせた添加量が15原子%を超えると偏析を生じやすいので好ましくない。Agの含有量として最も好ましいのは、5原子%以下である。

【0072】さて、本発明の記録媒体の記録層3は、成膜後の状態は通常、非晶質である。従って、成膜後に、記録層全面を結晶化して初期化された状態（未記録状態）とする必要がある。初期化方法としては、Sb<sub>0.7</sub>Te<sub>0.3</sub>に過剰なSbを含む合金には、固相でのアニールによる初期化も可能であるが、さらにGeを含む組成では、一旦記録層を溶融させ再凝固時に徐冷して結晶化させる溶融再結晶化による初期化が望ましい。本記録層は成膜直後には結晶成長の核がほとんどなく、固相での結晶化は困難であるが、溶融再結晶化によれば、少数の結晶核が形成されてのち、溶融して、結晶成長が主体となって高速で再結晶化が進むようである。

【0073】また、本発明の記録層は、溶融再結晶化による結晶と、固相でのアニールによる結晶とは反射率が異なるため、混在するとノイズの原因となる。そして、実際のオーバーライト記録の際には、消去部は溶融再結晶化による結晶となるため、初期化も溶融再結晶化により行うのが好ましい。このとき、記録層を溶融するのは局所的かつ、1ミリ秒程度以下の短時間に限る。溶融領域が広がったり、溶融時間あるいは冷却時間が長すぎると、熱によって各層が破壊されたり、プラスチック基板表面が変形したりするためである。このような熱履歴を与えるには、波長600～1000nm程度の高出力半導体レーザー光を、長軸100～300μm、短軸1～3μmに集束して照射し、短軸方向を走査軸として、1～10m/sの線速度で走査することが望ましい。同じ集束光でも円形に近いと溶融領域が広すぎ、再非晶質化がおきやすく、また、多層構成や基板へのダメージが大きく好ましくない。初期化が溶融再結晶化によって行われたことは以下のようにして確認できる。すなわち、該初期化後の媒体に、直径約1.5μmより小さいスポット径に集束された、記録層を溶融するにたる記録パワーP<sub>w</sub>の記録光を、直流的に、一定線速度で照射する。案内溝がある場合は、その溝もしくは溝間からなるトラックに、トラッキングサーボ及びフォーカスサーボをかけた状態で行う。

【0074】その後、同じトラック上に消去パワーP<sub>e</sub>（≦P<sub>w</sub>）の消去光を直流的に照射して得られる消去状態の反射率が、全く未記録の初期状態の反射率とほとんど同じであれば、該初期化状態は溶融再結晶状態と確認できる。なぜなら、記録光照射により記録層は一旦溶融されており、それを消去光照射で完全に再結晶化した状態は、記録光による溶融と消去光による再結晶化の過程

を経ており、溶融再結晶化された状態にあるからである。なお、初期化状態の反射率R<sub>ini</sub>と溶融再結晶化状態R<sub>cr</sub>の反射率がほぼ同じであるとは、 $(R_{ini} - R_{cr}) / \{(R_{ini} + R_{cr}) / 2\}$ で定義される両者の反射率差が20%以下であることを言う。通常、アニール等の固相結晶化だけでは、その反射率差は20%より大きい。

【0075】次に、記録層以外の層について述べる。本発明の層構成は、急冷構造と呼ばれる層構成の一種に属する。急冷構造は、放熱を促進し、記録層再凝固時の冷却速度を高める層構成を採用することで、非晶質マーク形成のときの再結晶化の問題を回避しつつ、高速結晶化による高消去比を実現する。このため第2保護層膜厚は、5nm以上30nm以下とする。5nmより薄いと、記録層溶融時の変形等によって破壊されやすく、また、放熱効果が大きすぎて記録に要するパワーが不必要に大きくなってしまふ。

【0076】本発明の、第2保護層の膜厚は、繰返しオーバーライトにおける耐久性に大きく影響し、特にジッタの悪化を抑制する上でも重要である。膜厚が30nmより厚い場合には、記録時に、第2保護層の記録側と、反射層側とで温度差が大きくなり、保護層の両側における熱膨張差から、保護層自体が非対称に変形しやすくなる。この繰返しは、保護層内部に微視的塑性変形を蓄積させ、ノイズの増加を招くので好ましくない。本発明の記録層を用いると、最短マーク長0.5μm以下の高密度記録において低ジッタを実現できるが、本発明者らの検討によれば、高密度記録を実現するために短波長のレーザーダイオード（例えば、波長700nm以下）を用いる場合には、上記急冷構造の層構成についても、一層の留意が必要になる。特に、波長が500nm以下、開口数NAが0.55以上の小さな集束光ビームを用いた1ビームオーバーライト特性の検討において、マーク幅方向の温度分布を平坦化することが、高消去比及び消去パワーマージンを広く取るために重要であることが分かった。

【0077】この傾向は、波長630～680nm、NA=0.6前後の光学系を用いた、DVD対応の光学系においても同様である。このような光学系を用いた高密度マーク長変調記録においては、特に、熱伝導率の低い材料を第2保護層として用いる。好ましくはその膜厚を10nm以上25nm以下とする。いずれの場合にも、その上に設ける反射層5をとりわけ高熱伝導率の材料とすることにより、消去比及び消去パワーマージンを改善できる。検討によれば、広い消去パワー範囲において、本発明記録層が持つ良好な消去特性を発揮させるには、単に膜厚方向の温度分布や時間変化のみならず、膜面方向（記録ビーム走査方向の垂直方向）の温度分布をできるだけ平坦化できるような層構成を用いるのが好ましい。

【0078】本発明者らは、媒体の層構成を適切に設計することにより、媒体中のトラック横断方向の温度分布を平坦にすることで、熔融して再非晶質化されることなく、再結晶化することのできる幅を広げ、消去率及び消去パワーマージンを広げることを試みた。一方、熱伝導率が低くごく薄い第2保護層を介して、記録層から、極めて高熱伝導率の反射層への放熱を促進することで、記録層における温度分布が平坦になることがわかった。第2保護層の熱伝導率を高くしても放熱効果は促進されるが、あまり放熱が促進されると、記録に要する照射パワーが高くなる、すなわち、記録感度が著しく低下してしまう。

【0079】本発明においては低熱伝導率の、薄い第2保護層を用いるのが好ましい。低熱伝導率の、薄い第2保護層を用いることにより、記録パワー照射開始時点の数nsec～数十nsecにおいて、記録層から反射層への熱伝導に時間的な遅延をあたえ、その後に反射層への放熱を促進することができるため、放熱により必要以上に記録感度を低下させることがない。従来知られている、SiO<sub>2</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、SiN等を主成分とする保護層材料は、それ自身の熱伝導率が高すぎて、本発明媒体の第2保護層4としては好ましくない。このように、金属酸化物や窒化物の熱伝導率は、同じ薄膜状態に比べても、本発明保護層で用いられる下記保護層にくらべて、1桁以上熱伝導率が高い。

【0080】一方、反射層における放熱は、反射層の厚みを厚くしても達成できるが、反射層の厚みが300nmを超えると、記録層膜面方向よりも膜厚方向の熱伝導が顕著になり、膜面方向の温度分布改善効果が得られない。また、反射層自体の熱容量が大きくなり、反射層、ひいては記録層の冷却に時間がかかるようになって、非晶質マークの形成が阻害される。最も好ましいのは、高熱伝導率の反射層を薄く設けて横方向への放熱を選択的に促進することである。従来用いられていた急冷構造は、膜厚方向の1次元的な熱の逃げにのみ注目し、記録層から反射層に早く熱を逃すことのみを意図しており、この平面方向の温度分布の平坦化に十分な留意が払われていなかった。

【0081】なお、本発明の、いわば「第2保護層での熱伝導遅延効果を考慮した超急冷構造」は、本発明に係る記録層に適用すると、従来のGeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>記録層に比べて一層効果がある。なぜなら、本発明記録層はT<sub>m</sub>近傍での再凝固時の結晶成長が再結晶化の律速になっているからである。T<sub>m</sub>近傍での冷却即速度を極限まで大きくして、非晶質マーク及びそのエッジの形成を確実かつ明確なものとするには、超急冷構造が有効であり、かつ、膜面方向の温度分布の平坦化で、もともとT<sub>m</sub>近傍で高速消去可能であったものが、より高消去パワーまで確実に再結晶化による消去を確保できるからである。

【0082】本発明においては、第2保護層の材料としては熱伝導が低い方が望ましいが、その目安は $1 \times 10^{-3} \text{ pJ} / (\mu\text{m} \cdot \text{K} \cdot \text{nsec})$ である。しかしながら、このような低熱伝導率材料の薄膜状態の熱伝導率を直接測定するのは困難であり、代わりに、熱シミュレーションと実際の記録感度の測定結果から目安を得ることができる。好ましい結果をもたらす低熱伝導率の第2保護層材料としては、ZnS、ZnO、Ta<sub>2</sub>S<sub>2</sub>又は希土類硫化物のうちの少なくとも一種を50mol%以上90mol%以下含み、かつ、融点又は分解点が1000℃以上の耐熱性化合物とを含む複合誘電体が望ましい。

【0083】より具体的にはLa、Ce、Nd、Y等の希土類の硫化物を60mol%以上90mol%以下含む複合誘電体が望ましい。あるいは、ZnS、ZnOもしくは希土類硫化物の組成の範囲を70～90mol%とすることが望ましい。これらと混合されるべき、融点又は分解点が1000℃以上の耐熱化合物材料としては、Mg、Ca、Sr、Y、La、Ce、Ho、Er、Yb、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Zn、Al、Si、Ge、Pb等の酸化物、窒化物、炭化物やCa、Mg、Li等のフッ化物を用いることができる。特にZnOと混合されるべき材料としては、Y、La、Ce、Nd等希土類の硫化物あるいは硫化物と酸化物の混合物が望ましい。そして、この第2保護層の膜厚が30nmより厚いとマーク幅方向の温度分布の十分な平坦化効果が得られないため、30nm以下とする。好ましくは25nm以下とする。5nm未満では、第2保護層部での熱伝導の遅延効果が不十分で、記録感度低下が著しくなり好ましくない。第2保護層4の厚さは、記録レーザー光の波長が600～700nmでは15nm～25nmが好ましく、波長が350～600nmでは5～20nmが好ましく、より好ましくはは5～15nmである。

【0084】本発明においては、非常に高熱伝導率で300nm以下の薄い反射層5を用いて、横方向の放熱効果を促進するのが特徴である。一般には薄膜の熱伝導率はバルク状態の熱伝導率と大きく異なり、小さくなっているのが普通である。特に40nm未満の薄膜では成長初期の島状構造の影響で熱伝導率が1桁以上小さくなる場合があり好ましくない。さらに、成膜条件によって結晶性や不純物量が異なり、これが同じ組成でも熱伝導率が異なる要因になる。

【0085】本発明において良好な特性を示す高熱伝導率の反射層を規定するために、反射層の熱伝導率は直接測定することも可能であるが、その熱伝導の良否を電気抵抗を利用して見積もることができる。金属膜のように電子が熱もしくは電気伝導を主として司る材料においては熱伝導率と電気伝導率は良好な比例関係があるためである。薄膜の電気抵抗はその膜厚や測定領域の面積で規格化された抵抗率値で表す。体積抵抗率と面積抵抗率は



通常の4探針法で測定でき、JIS K 7194によって規定されている。本法により、薄膜の熱伝導率そのものを実測するよりもはるかに簡便かつ再現性の良いデータが得られる。本発明において好ましい反射層は、体積抵抗率が $20\text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ 以上 $150\text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $20\text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ 以上 $100\text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ 以下である。体積抵抗率 $20\text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ 未満の材料は薄膜状態では実質的に得にくい。体積抵抗率 $150\text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ より体積抵抗率が大きい場合でも、例えば $300\text{ nm}$ を超える厚膜とすれば面積抵抗率を下げることはできるが、本発明者らの検討によれば、このような高体積抵抗率材料で面積抵抗率のみ下げても、十分な放熱効果は得られなかった。厚膜では単位面積当たりの熱容量が増大してしまうためと考えられる。また、このような厚膜では成膜に時間がかかり、材料費も増えるため製造コストの観点から好ましくない。さらに、膜表面の微視的な平坦性も悪くなってしまふ。好ましくは、膜厚 $300\text{ nm}$ 以下で面積抵抗率 $0.2$ 以上 $0.9\Omega/\square$ 以下が得られるような、低体積抵抗率材料を用いる。 $0.5\Omega/\square$ が最も好ましい。

【0086】本発明に適した材料は、以下のとおりである。例えば、Siを $0.3$ 重量%以上 $0.8$ 重量%以下、Mgを $0.3$ 重量%以上 $1.2$ 重量%以下含有するAl-Mg-Si系合金である。また、AlにTa, Ti, Co, Cr, Si, Sc, Hf, Pd, Pt, Mg, Zr, Mo, 又はMnを $0.2$ 原子%以上 $2$ 原子%以下含むAl合金は、添加元素濃度に比例して体積抵抗率が増加し、また、耐ヒロック性が改善され、耐久性、体積抵抗率、成膜速度等考慮して用いることができる。Al合金に関しては、添加不純物量 $0.2$ 原子%未満では、成膜条件にもよるが、耐ヒロック性は不十分であることが多い。また、 $2$ 原子%より多いと上記の低抵抗率が得られにくい。経時安定性をより重視する場合には添加成分としてはTaが好ましい。特に、ZnSを主成分とする上部保護層4に対しては、Taを $0.5$ 原子%以上、 $0.8$ 原子%以下とするAlTa合金が、耐食性、密着性、高熱伝導率のすべてをバランス良く満足する反射層として望ましい。また、Taの場合わずか $0.5$ 原子%の添加で純AlやAl-Mg-Si合金に比べて、スパッタリング時の成膜レートが3~4割アップするという製造上好ましい効果が得られる。上記Al合金を反射層として用いる場合、好ましい膜厚は $150\text{ nm}$ 以上 $300\text{ nm}$ 以下である。 $150\text{ nm}$ 未満では純Alでも放熱効果は不十分である。 $300\text{ nm}$ を超えると、熱が水平方向より垂直方向に逃げて、水平方向の熱分布改善に寄与しないし、反射層そのものの熱容量が大きく、却って記録層の冷却速度が遅くなってしまふ。また、膜表面の微視的な平坦性も悪くなる。

【0087】さらに、AgにTi, V, Ta, Nb, W, Co, Cr, Si, Ge, Sn, Sc, Hf, P

d, Rh, Au, Pt, Mg, Zr, Mo, 又はMnを $0.2$ 原子%以上 $5$ 原子%以下含むAg合金も望ましい。経時安定性をより重視する場合には添加成分としてはTi, Mgが好ましい。上記Ag合金を反射層として用いる場合、好ましい膜厚は $40\text{ nm}$ 以上 $150\text{ nm}$ 以下である。 $40\text{ nm}$ 未満では純Agでも放熱効果は不十分である。 $150\text{ nm}$ を超えると、熱が水平方向より垂直方向に逃げて、水平方向の熱分布改善に寄与しないし、不必要な厚膜は生産性を低下させる。また、膜表面の微視的な平坦性も悪くなる。

【0088】本発明者らは上記、Alへの添加元素、Agへの添加元素は、その添加元素濃度に比例して、体積抵抗率が増加することを確認している。ところで、不純物の添加は一般的に結晶粒径を小さくし、粒界の電子散乱を増加させて熱伝導率を低下させると考えられる。添加不純物量を調節することは、結晶粒径を大きくすることで材料本来の高熱伝導率を得るために必要である。なお、反射層は通常スパッタ法や真空蒸着法で形成されるが、ターゲットや蒸着材料そのものの不純物量もさることながら、成膜時に混入する水分や酸素量も含めて全不純物量を $2$ 原子%以下とする必要がある。このためにプロセスチャンバの到達真空度は $1\times 10^{-3}\text{ Pa}$ 以下とすることが望ましい。また、 $10^{-4}\text{ Pa}$ より悪い到達真空度で成膜するなら、成膜レートを $1\text{ nm}/\text{秒}$ 以上、好ましくは $10\text{ nm}/\text{秒}$ 以上として不純物を取り込まれるのを防ぐことが望ましい。

【0089】あるいは、意図的な添加元素を $1$ 原子%より多く含む場合は、成膜レートを $10\text{ nm}/\text{秒}$ 以上として付加的な不純物混入を極力防ぐことが望ましい。成膜条件は不純物量とは無関係に結晶粒径に影響を及ぼす場合もある。例えば、AlにTaを $2$ 原子%程度混入した合金膜は、結晶粒の間に非晶質相が混在するが、結晶相と非晶質相の割合は成膜条件に依存する。例えば、低圧でスパッタするほど結晶部分の割合が増え、体積抵抗率が下がり、熱伝導率が増加する。膜中の不純物組成あるいは結晶性は、スパッタに用いる合金ターゲットの製法やスパッタガス(Ar, Ne, Xe等)にも依存する。このように、薄膜状態の体積抵抗率は金属材料、組成のみによっては決まらない。高熱伝導率を得るためには、上記のように、不純物量を少なくするのが望ましいが、一方で、AlやAgの純金属は耐食性や耐ヒロック性に劣る傾向があるため、両者のバランスを考慮して最適組成が決まる。

【0090】さらなる高熱伝導と高信頼性をえるために反射層を多層化することも有効である。このとき、少なくとも $1$ 層は全反射層膜厚の $50\%$ 以上の膜厚を有する上記低体積抵抗率材料として実質的に放熱効果を司り、他の層が耐食性や保護層との密着性、耐ヒロック性の改善に寄与するように構成される。より具体的には、金属中最も高熱伝導率および低体積抵抗率であるAgはSを



含む保護層との相性が悪く、繰返しオーバーライトした場合の劣化がやや速いという傾向がある。また、高温高湿の加速試験環境下で腐食を生じやすい傾向がある。そこで、低体積抵抗率材料としてAg及びAg合金を用い、上部保護層との間に界面層としてAlを主成分とする合金層を1nm以上100nm以下設けることも有効である。厚さを5nm以上とすれば、層が島状構造とならず均一に形成されやすい。Al合金としては前述と同様に例えば、Ta、Ti、Co、Cr、Si、Sc、Hf、Pd、Pt、Mg、Zr、Mo、又はMnを0.2

【0091】さらにAg合金反射層とAl合金界面層を用いる場合、AgとAlは比較的相互拡散しやすい組み合わせであるので、Al表面を1nmより厚く、酸化して界面酸化層を設けることがいっそう好ましい。界面酸化層が5nm、とくに10nmを越えるとそれが熱抵抗となり、本来の趣旨である、極めて放熱性の高い反射層としての機能が損なわれるので好ましくない。反射層の多層化は、高体積抵抗率材料と低体積抵抗率材料を組み合わせで所望の膜厚で所望の面積抵抗率を得るためにも有効である。合金化による体積抵抗率調節は、合金ターゲットの使用によりスパッタ工程を簡素化できるが、ターゲット製造コスト、ひいては媒体の原材料比を上昇させる要因にもなる。従って、純Alや純Agの薄膜と上記添加元素そのものの薄膜を多層化して所望の体積抵抗率を得ることも有効である。層数が3層程度までであれば、初期の装置コストは増加するものの、個々の媒体コストはかえって抑制できる場合がある。反射層を複数の金属膜からなる多層反射層とし、全膜厚を40nm以上300nm以下とし、多層反射層の厚さの50%以上が体積抵抗率 $20\text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ 以上 $150\text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ 以下の金属薄膜層（多層であっても良い）とするのが好ましい。さて、記録層及び保護層の厚みは、上記熱特性、機械的強度、信頼性の面からの制限の他に、多層構成に伴う干渉効果も考慮して、レーザー光の吸収効率が良く、記録信号の振幅、すなわち記録状態と未記録状態のコントラストが大きくなるように選ばれる。

【0092】例えば、本発明媒体を書換え型DVDに適し、再生専用タイプのDVDと互換性を確保するとすれば、変調度を高くとらねばならない。また、再生専用プレーヤーで通常用いられる、DPD (Differential Phase Detection) 法と呼ばれるトラッキングサーボ法がそのまま適用できることが必要である。図6にEFMプラス変調されたランダム信号を記録し再生したときのD

C再生信号（直流成分を含む再生信号）の波形を示す。変調度は、14Tマークのトップの信号強度 $I_{\text{top}}$ と信号振幅 $I_{14}$ との比 $I_{14}/I_{\text{top}}$ として定義される。 $I_{\text{top}}$ は實際上、未記録部（結晶状態）の溝内での反射率に相当する。 $I_{14}$ は相変化媒体の結晶部分と非晶質部分から反射光の強度差及び位相差が問題となる。反射光の強度差は、基本的に結晶状態と非晶質状態の反射率差で決まる。上記記録後の変調度が概ね0.5以上であれば、低ジッタが実現できるとともに、上記DPD法によるトラッキングサーボも良好に作動する。

【0093】図7に、典型的な4層構成における反射率差の計算例を示した。ポリカーボネート基板上に、 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 保護層、 $\text{Ge}_{0.05}\text{Sb}_{0.69}\text{Te}_{0.26}$ 記録層、 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 保護層、Al $_{0.995}\text{Ta}_{0.005}$ 反射層を設けたものとした。各層の屈折率は実測値を用いている。波長650nmにおける各材料の複素屈折率は、上下の保護層は $2.12-0.0i$ 、反射層は $1.7-5.3i$ 、基板は $1.56$ 、記録層は非晶質状態（成膜直後の状態で測定）で $3.5-2.6i$ 、初期化後の結晶状態で $2.3-4.1i$ である。また、記録層、第2保護層、反射層の膜厚はそれぞれ、18nm、20nm、200nmで一定とした。第1保護層膜厚依存性を見る限り、通常は振幅の変化は小さく、分母である $I_{\text{top}}$ 、すなわち結晶状態の反射率に強く依存する。したがって、結晶状態反射率は可能な限り低いことが望ましい。

【0094】図7の計算例では、第1保護層を、屈折率 $n=2.12$ の $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ 膜とした。このとき、第1の極小値 $d_1$ は膜厚50~70nm、第2の極小値 $d_2$ は膜厚200~220nmになる。以後は周期的に変化する。結晶状態の反射率が極小となる第1保護層膜厚は、反射率が高い記録層であれば、実質上、保護層の屈折率のみで決まる。他の屈折率 $n$ における極小点膜厚は、 $d_1$ 、 $d_2$ に $2.1/n$ をかければほぼ求まるが、通常、保護層として用いられる誘電体は $n=1.8\sim 2.3$ 程度であり、 $d_1$ は60~80nm程度である。第1保護層の屈折率 $n$ が1.8よりも小さいと、極小点における反射率が増加して変調度が著しく低下し、0.5未満となるので好ましくない。逆に、2.3以上とすると、極小点の反射率が低くなりすぎ20%を達成できず、フォーカスやトラッキングサーボが困難になるので好ましくない。

【0095】本発明に係る記録層の組成範囲では、図7とほぼ類似の光学特性が発揮される。生産性の観点からは第1保護層膜厚は150nm以下にとどめるのが望ましい。なぜなら、現在、誘電体保護層のスパッタ法による成膜速度は高々15nm/秒であり、その成膜に10秒以上かけることはコストを上昇させるからである。また、膜厚変動の許容値が厳しくなるので生産上も好ましくない。即ち、図7からわかるように、反射率は所望の

膜厚 $d_0$ から $\Delta d$ ずれると、第1の極小値 $d_1$ 近傍でも、第2の極小値 $d_2$ 近傍でもおなじだけ変動する。

【0096】一方、製造上の膜厚分布は、通常は $d_0$ に対して $\pm 2 \sim 3\%$ が均一性の限度である。従って、 $d_0$ が薄いほど膜厚の変動幅 $\Delta d$ は小さくなり、ディスク面内あるいはディスク間の反射率変動を抑制出来るので有利である。従って、安価な静止対向タイプのスパッタ装置で、基板の自公転機構を有しない装置では、第1の極小値 $d_1$ 近傍の膜厚を採用するのが望ましい。一方で、厚い保護層は繰返しオーバーライト時の基板表面の変形を抑制する効果が大きいため、繰返しオーバーライト耐久性改善を重要視するならば、第2の極小値 $d_2$ 近傍の膜厚を採用するのが望ましい。なお、基板を介して記録再生光を入射させて記録または再生を行うような媒体においては、第1保護層をある程度厚くして、記録時に発生する熱から基板を保護しなければならない。記録時に記録層は、100ナノ秒程度であるが500~600℃以上となる。このためには膜厚を50nm以上とするのが好ましい。50nm未満では、記録を繰り返すと基板に微視的な変形が蓄積され、ノイズや欠陥となりやすい。特に基板がポリカーボネートなどの熱可塑性プラスチックからなる場合には重要である。

【0097】次に、本媒体と併せ用いるに好ましい光記録方法について説明する。好ましい第一の記録方法は、上述の記録媒体に、マーク長変調された情報を複数の記録マーク長により記録するにあたり、記録マーク間には、非晶質を結晶化しうる消去パワー $P_e$ の記録光を照射し、一つの記録マークの時間的な長さを $nT$ としたとき( $T$ は基準クロック周期、 $n$ は2以上の整数)、記録マークの時間的な長さ $nT$ を、

【0098】

【数7】 $\eta_1 T, \alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots$   
 $\dots, \alpha_i T, \beta_i T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T, \eta_2 T$

【0099】(ただし、 $m$ はパルス分割数で $m = n - k$ 、 $k$ は $0 \leq k \leq 2$ なる整数とする。また、 $\sum_1 (\alpha_1 + \beta_1) + \eta_1 + \eta_2 = n$ とし、 $\eta_1$ は $\eta_1 \geq 0$ なる実数、 $\eta_2$ は $\eta_2 \geq 0$ なる実数、 $0 \leq \eta_1 + \eta_2 \leq 2.0$ とする。 $\alpha_1$ ( $1 \leq i \leq m$ )は $\alpha_1 > 0$ なる実数とし、 $\beta_1$ ( $1 \leq i \leq m$ )は $\beta_1 > 0$ なる実数とし、 $\sum \alpha_i < 0.5n$ とする。 $\alpha_1 = 0.1 \sim 1.5$ 、 $\beta_1 = 0.3 \sim 1.0$ 、 $\beta_m = 0 \sim 1.5$ とし、 $\alpha_i = 0.1 \sim 0.8$ ( $2 \leq i \leq m$ )とする。なお、 $3 \leq i \leq m$ なる $i$ において $\alpha_i + \beta_{i-1} = 0.5 \sim 1.5$ の範囲にあり、かつ、 $i$ によらず一定とする。)の順に分割し、 $\alpha_i T$ ( $1 \leq i \leq m$ )の時間内においては記録層を溶融させるにたる $P_w \geq P_e$ なる記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、 $\beta_i T$ ( $1 \leq i \leq m$ )の時間内においては、 $0 < P_b \leq 0.2P_e$ (ただし、 $\beta_m T$ においては、 $0 < P_b \leq P_e$ となりうる)なるバイアスパワー $P_b$ の記録光を照射する。

【0100】上述の媒体に本記録方法を併せ用いること

で、記録層の再凝固時の冷却速度を正確に制御し、少なくとも $3m/s$ から $8m/s$ 、さらには、記録条件の設定により $1m/s$ から $15m/s$ の広い線速度範囲において、最短マーク長 $0.5\mu m$ 以下的高密度マーク長変調記録が可能となり、1000回以上の繰返しオーバーライトが達成でき、基準クロック周期 $T$ の10%未満の低ジッタが実現できる。まず、上記のような高密度マーク長変調記録を実現するためには、波長 $350 \sim 680nm$ のレーザー光ビームを、開口数 $NA$ が $0.55$ 以上 $0.9$ 以下の対物レンズを通して記録層に集光させて微小な集束光ビームスポットを得る。

【0101】より好ましくは、 $NA$ を $0.55$ 以上 $0.65$ 以下とする。 $NA$ が $0.65$ を超えると、光軸の傾きによる収差の影響が大きくなるから、対物レンズと記録面との距離を極めて接近させる必要がある。従って、DVDなど、 $0.6mm$ 程度の厚さの基板を介して集束光ビームを入射させる場合には、 $NA$ は $0.65$ 程度が上限となる。そして、図8に示すように、少なくとも3値に記録光パワーを変調させることで、パワーマージン及び記録時線速マージンを広げることができる。図8において、先頭記録パルス $\alpha_1 T$ の開始位置、最終オフパルス $\beta_m T$ の終了位置は、必ずしも元の記録信号の開始位置、終了位置と一致する必要はない。 $0 \leq \eta_1 + \eta_2 \leq 2.0$ となる範囲内で、先頭に $\eta_1 T$ を置き、最後に $\eta_2 T$ を置いてよい。当該マーク前後のマークの長さやマーク間長さに応じて、 $\eta_1 T$ や $\eta_2 T$ の長さを微調整することも、マークを正確に形成するのに有効である。

【0102】或いは、 $\beta_m$ のみをマーク長 $nT$ に応じて変化させることにより、良好なマークを形成できる場合もある。最後の $\beta_m = 0$ としてもよい。例えば、EFM変調において $3T \sim 11T$ のマークのうち $11T$ マーク、又はEFMプラス変調において $3T \sim 14T$ のマークのうち $14T$ マーク、等の長いマークほど熱が蓄積しやすいので、最後の $\beta_m$ を長くして冷却時間を長めにするのが良い。逆に、 $3T$ マーク等の短いマークの場合には $\beta_m$ を短くするのがよい。その調整幅は $0.5$ 程度である。いわゆるDVD程度の線記録密度を超えるような高密度記録であれば、必ずしもそのような微調整をしなくても十分な記録信号品質が得られる。

【0103】また、バイアスパワー $P_b$ の大きさを変えても、マーク形状を制御できる。図9に、2つの記録パルスを照射した際の記録層のある1点の温度の時間変化の例を示す。媒体に対してビームを相対的に移動させながら記録パルス $P_1$ 、オフパルス、記録パルス $P_2$ を連続的に照射した場合の、記録パルス $P_1$ を照射した位置での温度変化である。(a)は $P_b = P_e$ とした場合、(b)は $P_b = 0$ とした場合である。図9(b)では、オフパルス区間のバイアスパワー $P_b$ がほとんど0のため、 $T_L'$ は融点より十分低い点まで下がり、かつ、途中の冷却速度も大きい。従って、非晶質マークは

記録パルスP1照射時に溶解し、その後のオフパルス時の急冷によって形成される。一方、図9(a)では、オフパルス区間でも消去パワーP<sub>e</sub>が照射されるため、1番目の記録パルスP1照射後の冷却速度が遅く、オフパルス区間での温度降下で到達する最低温度T<sub>L</sub>が融点T<sub>m</sub>近傍に留まり、さらに、後続の記録パルスP2により融点T<sub>m</sub>近傍まで加熱され、非晶質マークが形成されにくい。

【0104】本発明の媒体に対して、図9(b)に示す、急峻な温度プロファイルをとることは、高温域での結晶化を抑制し、良好な非晶質マークを得る上で重要なことである。なぜなら、本発明媒体の記録層は、融点直下の高温域でのみ大きな結晶化速度を示すため、記録層温度が高温域にほとんどとどまらない(b)のプロファイルをとることで、再結晶化が抑制できると考えられるからである。あるいは、結晶化温度T<sub>c</sub>に近い比較的低温域での結晶核生成は毎回の消去プロセスでは支配的でなく、前述の初期化時に形成された結晶核となりうるS<sub>b</sub>クラスタが安定に存在するため、高温域の結晶成長のみが支配的であるとも考えられる。従って、冷却速度及びT<sub>L</sub>を制御することで再結晶化をほぼ完全に抑制し、溶融領域とほぼ一致するクリアな輪郭を有する非晶質マークが得られ、マークエッジのジッタが低減できる。

【0105】一方、GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>擬似二元系合金では、図9(a)、(b)いずれの温度プロファイルでも非晶質マーク形成プロセスに大差がない。なぜなら、この材料では広い温度範囲、特に結晶化温度T<sub>c</sub>近くの低温域でも、速度は若干遅いものの再結晶化を示すからである。あるいは、この材料では、比較的T<sub>c</sub>に近い温度域での結晶核生成とT<sub>m</sub>に近い温度域での結晶成長とが律速になっているため、全体として広い温度域で比較的低速の再結晶化が起きるとも考えられる。GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>でも、P<sub>b</sub><P<sub>e</sub>としてオフパルスを用いて粗大グレインを抑制する場合もあるが、P<sub>b</sub>/P<sub>e</sub>≤0.2とすると、T<sub>c</sub>近傍での結晶化が抑制されすぎために、かえって消去性能が低下する。しかし、本発明に係る記録層材料では、T<sub>c</sub>に近い比較的低温での結晶化はほとんど進まないと考えられるので、P<sub>b</sub>/P<sub>e</sub>≤0.2とするのが好ましい。あるいはより具体的には、0≤P<sub>b</sub>≤1.5(mW)として、トラッキングサーボが安定する限り低いP<sub>b</sub>を用い、できるだけ急冷となるようにオフパルスを積極的に用いた方が、非晶質マークのエッジが明確に形成でき好ましい。

【0106】図8のパルス分割方法において、特に、最先端の記録パルスα<sub>1</sub>Tだけを後続パルスα<sub>i</sub>Tより長めにし、また、最先端及び最後端のオフパルス幅β<sub>1</sub>T、β<sub>n</sub>Tのみを他のオフパルスと別に設定するのが、長マークと短マークの特性バランスを取る上で最も有効である。最先端のパルスα<sub>1</sub>Tは、余熱効果がないため、昇

温のためにやや長時間を要する。あるいは、最先端のパルスの記録パワーを、後続のパルスより高めに設定することも有効である。

【0107】また、パルスの切り替えをクロック周期Tに同期させると、パルス制御が簡単になる。マーク長変調記録に適し、かつパルス制御回路が簡便なパルス分割方法を図10に示す。(a)のマーク長変調データを記録する際のパルス分割方法として(b)にm=n-1の場合、(c)にm=n-2の場合を示す。なお(b)、(c)では図を簡略化するためにTを省略している。いずれも、α<sub>i</sub>(2≤i≤m)及びβ<sub>i</sub>(2≤i≤m-1)はiによらず一定とし、α<sub>i</sub>≥α<sub>1</sub>、α<sub>i</sub>+β<sub>i-1</sub>=1.0(3≤i≤m)として、α<sub>i</sub>(2≤i≤m)の記録パルスの後端をクロックパルスに同期させる。また、P<sub>b</sub>を再生光パワーP<sub>r</sub>と同じにすることも、回路を簡便化するには有効である。先頭パルスα<sub>1</sub>Tだけを後続パルスより長くすることは、いわゆるアイパターンにおいて短マークと長マークの記録のバランスを良くするために必要なことである。或いは、先頭パルスのみ後続パルスより高パワーとしてもよい。このようなパルスは、図11に示すような3種のゲート発生回路とそれらの間の優先順位を決めることで達成できる。

【0108】図11は本発明の記録方法によるパルス発生方法の一例の説明図である。(a)はクロック信号、(b)はデータ信号であり、記録パルス発生回路中の3種のゲート発生回路から発生するゲート信号(c)Gate1、(d)Gate2、(e)Gate3である。これら3種のゲート信号の優先順位を決めておくことで、本発明のパルス分割方法が達成できる。Gate1は記録パルス発生区間α<sub>1</sub>Tのみを、Gate2は後続パルスα<sub>i</sub>T(2≤i≤m)を所定個数発生させるタイミングを決める。ここでパルス幅α<sub>i</sub>は2≤i≤mにおいて一定値α<sub>c</sub>とする。Gate3はオフパルス発生区間β<sub>i</sub>Tを発生する。Gate3がオン(レベル高)の間はP<sub>b</sub>を発生し、オフの間(レベル低)はP<sub>e</sub>を発生する。α<sub>1</sub>の立ち上がりのタイミングとパルス幅のみを独立して決めることで、β<sub>i</sub>をβ<sub>1</sub>と異なる値とすることができる。Gate3とGate1の立ち上がりは同期させるのが良い。Gate1、Gate2はそれぞれP<sub>w</sub>を発生させるが、Gate1、2がオンのときはGate3に優先する。Gate1の遅延時間T<sub>1</sub>とα<sub>1</sub>、Gate2の遅延時間(T<sub>1</sub>+T<sub>2</sub>)とα<sub>c</sub>を指定すれば、図10のストラテジーを指定できる。

【0109】ここで、T<sub>1</sub>を1T以上とすれば、図10(b)のm=n-1の場合のパルスとなり、1T未満として後続パルスの数を一個減らせれば、図10(c)のm=n-2の場合のパルスとなる。このとき、α<sub>1</sub>T及びβ<sub>n-2</sub>Tを、m=n-1の場合より長くすることで、形成されるマーク長をnTとする。さて、本発明のさらなる適用例として、再生専用DVDと同等以上の記録密度

で、少なくとも再生時には再生専用DVDと同等の信号品質を得るためには、下記のような記録方法を用いることが望ましい。

【0110】すなわち、波長が350～680nmの光を、開口数NAが0.55～0.9の対物レンズを通して記録層に集光させ、データの記録再生を行う光記録方法であって、 $m=n-1$ 又は $m=n-2$ 、 $0 \leq P_b \leq 1.5$  (mW)、 $P_e/P_w$ は0.3以上0.6以下とする。そして、

$$\alpha_1 = 0.3 \sim 1.5,$$

$$\alpha_i \geq \alpha_1 = 0.2 \sim 0.8 \quad (2 \leq i \leq m),$$

$$\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0 \quad (3 \leq i \leq m),$$

$$\beta_n = 0 \sim 1.5$$

とするのが好ましい。

【0111】 $P_e/P_w$ の比を一定に保つことは、パワー変動が生じたときに、高パワーで記録マークが大きいために消去パワーも大きくして消去可能な範囲を広げるためである。 $P_e/P_w$ が0.3未満では、常に $P_e$ が低くて消去不十分となりやすい。逆に0.6より大きいと、 $P_e$ が過剰でビーム中心での再非晶質化を招きやすくなり、完全な再結晶化による消去が困難となる。また、記録層に照射されるエネルギー量が大きくなりすぎ、繰返しオーバーライトにより劣化しやすくなる。

【0112】さて、本発明に係わる組成の記録層は、 $\alpha_1$ が特に小さい範囲で良好なジッタが得られるため、 $\sum \alpha_i < 0.5n$ とし、 $k$ が小さいほど $(\sum \alpha_i)/n$ を減少させることが望ましい。すなわち、 $k=0$ 又は $k=1$ では $(\sum \alpha_i) < 0.4n$ 、 $k=2$ では $(\sum \alpha_i) < 0.5n$ とするのが好ましい。好ましくは、このような記録パルス分割方法を線速3m/s以上でのオーバーライトに適用するためには、本発明記録層 $Gex(Sb_yTe_{1-y})_{1-x}$ において、特に $y$ を0.72以上、線速7m/s以上でのオーバーライトには $y$ を0.74以上とする。すなわち、 $Sb/Te$ 比を2.57以上、より好ましくは2.85以上の $Sb$ リッチとする。

【0113】本発明では、記録層組成をこのように $Sb$ リッチとしても、非晶質マークの安定性が高く保存安定性も良好であることが、好ましい特徴の一つである。特開平8-22644号公報には、 $Sb_{0.7}Te_{0.3}$ 近傍組成に $Ag$ 及び $In$ を合計で10原子%程度添加した $AgInSbTe$ 記録層が記載されている。しかし、この $AgInSbTe$ 記録層で $Sb/Te$ 比を2.57以上とすると、非晶質マークが極めて不安定となり保存安定性に問題があった。以下、実験例を用いて比較説明する。EFMプラス変調のマーク長記録を行うにあたり、長さ $nT$ のマークを記録するに、線速2m/s～5m/sの範囲において、波長630～680nm、 $NA=0.6$ の光学系を用いて、記録パルスを $n-1$ 個に分割して記録する場合を考える。本発明記録層の一例として、 $Ag_{0.05}Ge_{0.05}Sb_{0.67}Te_{0.23}$  ( $Sb/Te \approx 2.9$

1)を用い、上記 $AgInSbTe$ 記録層の一例として、 $Ag_{0.05}In_{0.05}Sb_{0.63}Te_{0.27}$  ( $Sb/Te \approx 2.33$ )を用いる。

【0114】本発明組成の記録層も上記 $AgInSbTe$ 記録層も、光学定数はほぼ同じであるため、同じ層構成を用いて同等の反射率及び変調度を得ることができ、したがって熱的に同等の層構成を適用できる。第1保護層膜厚を100nm、記録層を20nm、第2保護層を20nm、反射層を200nmとし、いずれも $\beta_i = 0.5$ 程度 ( $1 \leq i \leq n-1$ )、 $P_w = 10 \sim 14$  (mW)、 $P_e/P_w = 0.5$ 、 $P_b \approx 0$ とする。このとき、従来の $Ag_{0.05}In_{0.05}Sb_{0.63}Te_{0.27}$ 記録層では、 $\alpha_1 = 0.8 \sim 1.2$ 、 $\alpha_i = 0.4 \sim 0.6$  ( $2 \leq i \leq n-1$ )が好ましい。特に $\alpha_1 = 1.0$ 、 $\alpha_i$  ( $2 \leq i \leq n-1$ ) = 0.5、 $\beta_n = 0.5$ とした場合、 $\sum \alpha_i$ は $n$ によらず0.5 $n$ となる。

【0115】一方、本発明の $Ag_{0.05}Ge_{0.05}Sb_{0.67}Te_{0.23}$ 記録層では、 $\alpha_1 = 0.3 \sim 0.5$ 、 $\alpha_i = 0.2 \sim 0.4$  ( $2 \leq i \leq n-1$ )が好ましい範囲となる。より具体的には $\alpha_1 = 0.6$ 、 $\alpha_i$  ( $2 \leq i \leq n-1$ ) = 0.35とすることができる。この場合、 $n=3$ の時、 $\sum \alpha_i \approx 0.32n$ となり、 $n=4$ 以上では、 $\sum \alpha_i \approx 0.33n \sim 0.34n$ となる。これはすなわち、本発明媒体においては、記録の際に照射される平均照射パワーを小さくし、実質的な記録パルス照射時間を $\sum \alpha_i < 0.4n$ と小さくすることができることを表している。

【0116】このことにより、以下の効果が得られる。

(1) 高パワー記録による記録信号品質の劣化を低減できる。高パワー記録の問題点は、記録層に与えられる光エネルギーが多くなりすぎて記録層にこもることに起因している。このため冷却速度が遅くなって非晶質マークの再結晶化が生じたり、繰返しオーバーライト時の劣化が著しくなる。低パワーのオフパルス区間を設けることで平均入力パワーを抑え、かつ、高熱伝導率の反射層により平面方向に熱を逃がすことにより、高パワー記録時でも、マーク後端部分、特に長マーク後端部分、の熱蓄積による悪影響を抑制でき、良好な長マークを形成できる。

(2) 繰返しオーバーライト時における各層の熱ダメージを軽減でき、繰返し耐久性を改善できる。毎回の熱ダメージを小さくすることで、例えば、熱に弱いプラスチック基板の変形を抑制できる。また、ダメージの及ぶ範囲をレーザービームプロファイルの中心部分の、より狭い範囲に限定できる。特に、熱が蓄熱されやすい $n=4$ 以上の長マークほど、実質の記録エネルギー照射の割合 $(\sum \alpha_i)/n$ を減少させる効果が大きい。従って、熱ダメージを受けやすい5m/s以下の低線速でも、媒体への悪影響を軽減することができる。

【0117】本発明では、このように繰返しオーバーライト耐久性を改善でき、従来に比して1桁以上大きいオ

オーバーライト回数を達成できる。さらに、記録層を、 $G_{ex}(S_{by}T_{eiy})_{1-x}$ 合金を主成分とする薄膜 ( $0.045 \leq x \leq 0.075$ ,  $0.74 \leq y < 0.8$ ) とし、線速度に応じて記録パルス分割方法を可変とすることで、 $3m/s \sim 8m/s$ を含む広範囲の線速度でオーバーライト可能となる。すなわち、図8のパルス分割方法において、 $m=n-k$ の $k$ は一定とし、オーバーライト時の線速度が低いほど、 $P_b/P_e$ 又は $\alpha_1$ のいずれかを単調に減少させる。なお、記録線密度を一定に保つために線速度に応じてクロック周期を変更することや、 $P_w$ 、 $P_e$ をそれぞれの線速度で最適に保つように変更することは、必要に応じて行ってもよい。

【0118】さて、本発明ではさらに、DVDの標準再生線速度の1倍速と2倍速の両方で、最短マーク長を $0.35 \sim 0.45 \mu m$ とするいわゆるEFMプラス変調信号を記録する方法を提供する。なお、DVDの標準再生線速度は $3.49m/s$ である。すなわち、波長が $600 \sim 680nm$ の光を、開口数NAが $0.55 \sim 0.65$ の対物レンズを通し、基板を介して記録層に集光させ、最短マーク長を $0.35 \sim 0.45 \mu m$ の範囲として、データの記録再生を行う光記録方法であって、 $n$ は $1 \sim 14$ の整数とし、 $m=n-1$ とし、 $P_b$ は $0 \leq P_b \leq 1.5$  (mW) の範囲で線速によらず一定とし、 $P_e/P_w$ は $0.4 \sim 0.6$ の範囲で線速度に応じて変化しうるものとし、(i) 記録線速度 $3 \sim 4m/s$ の範囲においては、基準クロック周期を $T_0$ とし、 $\alpha_1 = 0.3 \sim 0.8$ 、 $\alpha_1 \geq \alpha_i = 0.2 \sim 0.4$ であって $i$ によらず一定 ( $2 \leq i \leq m$ )、 $\alpha_2 + \beta_1 \geq 1.0$ 、 $\alpha_1 + \beta_{i-1} = 1.0$  ( $3 \leq i \leq m$ )、 $\beta_m = 0.3 \sim 1.5$ とし、 $\alpha_1 T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の時間内においては記録パワー $P_{w1}$ の記録光を照射し、(ii) 記録線速度 $6 \sim 8m/s$ の範囲においては、基準クロック周期を $T_0/2$ とし、 $\alpha'_1 = 0.3 \sim 0.8$ 、 $\alpha'_1 \geq \alpha'_i = 0.3 \sim 0.5$ であって $i$ によらず一定 ( $2 \leq i \leq m$ )、 $\alpha'_1 + \beta'_{i-1} = 1.0$  ( $3 \leq i \leq m$ )、 $\beta'_m = 0 \sim 1.0$ とし、 $\alpha_1 T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) の時間内においては記録パワー $P_{w2}$ の記録光を照射するとしたとき、 $\alpha'_1 > \alpha_1$  ( $2 \leq i \leq m$ ) であり、 $0.8 \leq P_{w1}/P_{w2} \leq 1.2$ である光記録方法である。本発明者らの実験によれば、図10のパルス分割方法を用いる限りでは、この設定で特に良好なジッタが得られた。

【0119】ここで、さらに $\alpha_2 + \beta_1 = 1.0$ とすれば、パルス幅に関する独立パラメータは $\alpha_1$ 、 $\alpha_i$ 、 $\beta_m$ の3個となり、記録信号源をより簡略化でき好ましい。なお、 $n$ として1から14までのすべての整数をとる必要はなく、EFMプラス変調では、3から11まで、及び14をとる。(1, 7) RLL-NRZI (Run Length Limited-Non Return To Zero Inverted) 符号等も使用可能である。なお、記録密度を一定とするために、一般的に、1倍速記録時のクロック周期は2倍速記録時の

倍になるように設定される。なお、本発明は、上記のような、一定線速度を維持しながら記録領域全面に記録を行う方式 (constant linear velocity、CLV方式) のみならず、一定の回転角速度で記録領域全面に記録を行う方式 (constant angular velocity、CAV方式) に対しても有効である。あるいは、半径方向を複数のゾーンに分割して、同一ゾーン内ではCLV方式でオーバーライトを行うZCLV (Zoned CLV) 方式に対しても有効である。光ディスクの直径は、 $86mm$ 、 $90mm$  (シングルCDサイズ)、 $120mm$  (CDサイズ)、あるいは $130mm$ のように様々あり、記録領域は半径 $20 \sim 25mm$ から最大 $65mm$ 近くに及ぶ。このとき内外周の線速度差は最大3倍近くなる。

【0120】一般に、高密度のマーク長記録においては、相変化媒体が良好なオーバーライト特性を示す線速範囲は、線速比で1.5倍程度の範囲である。線速度が速ければ、記録層の冷却速度は速くなるので非晶質マークは形成されやすいが、結晶化温度以上に保たれる時間が短くなり、消去が困難になる。一方、線速度が遅くなれば、消去はされやすいが、記録層の冷却速度は遅くなるので、再結晶化しやすくなり、良好な非晶質マークが形成されにくい。この問題を解決するために、内外周で反射層膜厚を変化させて内周で反射層による放熱効果度が大きくなるように調節することができる。あるいは、記録層組成を変化させて、外周で結晶化速度を高め、あるいは内周で非晶質形成に必要な臨界冷却速度を低めることも提案されている。しかし、そのような分布を与えたディスクの作成は、容易ではない。

【0121】一方、本発明の媒体と光記録方法の組合せによれば、ディスク最外周での線速度、即ち最大線速度がほぼ $10m/s$ 以下であれば、CAV方式やZCLV方式においても、良好な記録が可能である。本発明を、上記のように半径により線速度が変化する媒体に利用するためには、記録領域を半径により複数のゾーンに分割し、各ゾーン毎にデータの基準クロック周波数及びパルス分割方法を切り替えて用いることが望ましい。

【0122】すなわち、所定の記録領域を有する光学的情報記録用媒体を角速度一定で回転させて情報を複数のマーク長により記録する方法であって、記録領域最内周での線速度が $2 \sim 4m/s$ となり記録領域最外周での線速度が $6 \sim 10m/s$ となるように該媒体を回転させ、該記録領域は半径によって区切られた複数ゾーンからなり、各ゾーン内の平均線速度に応じて記録密度がほぼ一定となるように基準クロック周期 $T$ を変化させる。このとき、ゾーンによらずパルス分割数 $m$ を一定とし、外周ゾーンから内周ゾーンに向かって、 $P_b/P_e$ 比及び/又は $\alpha_1$  ( $i$ は $1 \leq i \leq m$ の少なくとも一つ) を単調に減少させる。これによって、低線速度の内周部において、冷却速度不足により非晶質マークの形成が不完全となるのを防ぐことができる。なお、 $\alpha_1$  ( $i$ は $1 \leq i \leq$

mの少なくとも一つ)を単調に減少させる、とは、例えば $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ の中で $\alpha_2$ のみを減少させることを指す。より具体的には、図10で示されたパルス分割方法をベースに、線速に応じたパルス分割方法を用いることが、可変パルス分割方法回路を簡略化することができて望ましい。その際に、記録領域を半径方向にp個のゾーンに分割して、各ゾーンごとにクロック周期とパルス分割方法を変化させることが、半径位置に応じて連続的に変化させるよりも簡便である。

【0123】本発明では、記録領域が半径によってp個のゾーンに分割され、最内周側を第1ゾーン、最外周側を第pゾーンとし、第qゾーン(ただし、 $q$ は $1 \leq q \leq p$ の整数)における角速度を $\omega_q$ 、平均線速度を $\langle v_q \rangle_{ave}$ 、最大線速度を $\langle v_q \rangle_{max}$ 、最小線速度を $\langle v_q \rangle_{min}$ 、基準クロック周期を $T_q$ 、最短マークの時間的長さを $n_{min} T_q$ とすると、 $\langle v_p \rangle_{ave} / \langle v_1 \rangle_{ave}$ は1.2~3の範囲であって、 $\langle v_q \rangle_{max} / \langle v_q \rangle_{min}$ は1.5以下とするのが好ましい。同一ゾーン内では同一クロック周期と同一パルス分割方法を用いるのであるが、同一パルス分割方法でカバーできる線速範囲はおおむね1.5倍が限度である。

【0124】そして、同一ゾーン内では、 $\omega_q, T_q, \alpha_i, \beta_i, P_e, P_b$ 、及び $P_w$ は一定であり、最短マークの物理的長さ $n_{min} T_q < \langle v_q \rangle_{ave}$ は $0.5 \mu m$ 以下であり、 $T_q < \langle v_q \rangle_{ave}$ は $1 \leq q \leq p$ なる全ての $q$ に対してほぼ一定であり、かつ、 $m=n-1$ もしくは $m=n-2, \alpha_1=0.3 \sim 1.5, \alpha_i \geq \alpha_1=0.2 \sim 0.8$  ( $2 \leq i \leq m$ )、 $\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$  ( $3 \leq i \leq m$ )、 $0 \leq P_b \leq 1.5$  (mW)、 $0.4 \leq P_e / P_w \leq 0.6$ とする。ここで、 $m=n-1$ の場合は、 $\alpha_1=0.3 \sim 1.5, \alpha_i=0.2 \sim 0.5, m=n-2$ の場合は $\alpha_1=0.5 \sim 1.5, \alpha_i=0.4 \sim 0.8$ とすることが好ましい。

【0125】パルス分割方法は、以下の法則に則って変化させることが重要である。各ゾーンごとに $P_b, P_w, P_e / P_w$ 比、 $\alpha_i, \beta_i, \beta_m$ は可変であり、外周ゾーンから内周ゾーンに向かって、少なくとも $\alpha_i$  ( $i$ は $2 \leq i \leq m$ の少なくとも一つ)を単調に減少させる。各ゾーンごとの $\alpha_i$ の変更は $0.1 T$ 刻みもしくは $0.01 T$ 刻みとすることが好ましい。ここで、最外周ゾーンでの基準クロック周期 $T_p$ に対して、 $1/100$ 程度の周期の高周波ベースクロック発生回路を付加すること

$$(\langle v_q \rangle_{max} - \langle v_q \rangle_{min}) / (\langle v_q \rangle_{max} + \langle v_q \rangle_{min}) < 10\% \quad (2)$$

【0129】を満たすようにゾーンの幅を決める。すなわち、 $(\langle v_q \rangle_{max} - \langle v_q \rangle_{min})$ が $(\langle v_q \rangle_{max} + \langle v_q \rangle_{min})$ の10%未満となるようにし、第qゾーンの幅は、平均半径 $\langle r_q \rangle_{ave}$ の $\pm 10\%$ 未満の半径位置までが許容されるものとする。より好ましくは、 $(\langle v_q \rangle_{max} - \langle v_q \rangle_{min})$ が $(\langle v_q \rangle_{max} + \langle v_q \rangle_{min})$ の5%未満である。ゾーンの幅は、記録領域を半径毎に等

で、すべてのゾーンにおける $T_q$ 及び分割パルス長をこのベースクロックの倍数として発生させることが可能である。DVDでは1倍速での基準クロック周波数は26MHz程度であるから、最高2.6GHz程度のベースクロック周波数、通常は一桁少なく260MHz程度のベースクロック周波数で十分である。

【0126】さらに、該記録領域における $P_w$ の最大値を $P_{wmax}$ 、最小値を $P_{wmin}$ とすると、 $P_{wmax} / P_{wmin} \leq 1.2$ とし、 $P_e = P_w = 0.4 \sim 0.6, 0 \leq P_b \leq 1.5$  (mW)とすることができる。これによれば、3種類のパワーの設定範囲を限定できるので、パワー発生回路を簡便化できる。本発明では、さらに、 $P_w, P_e / P_w$ 比、 $P_b$ を一定として、パルス分割方法のみを変更することで、すべての線速に対応することも可能である。また、 $\beta_m$ もゾーンによらず一定とし、 $\alpha_1$ と $\alpha_m$ のみをゾーン依存パラメータとすることもできる。これは、ドライブの記録パルス制御回路を簡略化する上で極めて有用である。

【0127】本発明においては、記録時に光学ヘッドの半径位置情報から、記録媒体上に仮想的にゾーンを設定して記録を行っても良いし、ディスクにあらかじめ記載されたアドレス情報やゾーン情報にしたがって、ディスク上に物理的にゾーン構造を設けてもよい。仮想的であっても物理的であっても、ゾーンによって決まる線速度に応じた記録パルス分割方法を選定すればよい。次に、本発明の光記録方法を、ZCAV方式に適用した他の例について述べる。記録領域が半径によってp個のゾーンに分割され、最内周側を第1ゾーン、最外周側を第pゾーンとし、第qゾーン(ただし、 $q$ は $1 \leq q \leq p$ の整数)における角速度を $\omega_q$ 、平均線速度を $\langle v_q \rangle_{ave}$ 、最大線速度を $\langle v_q \rangle_{max}$ 、最小線速度を $\langle v_q \rangle_{min}$ 、基準クロック周期を $T_q$ 、最短マークの時間的長さを $n_{min} T_q$ とする。ZCAV方式においては、記録線密度がほぼ一定であるように、外周部のゾーンに移行するほど、記録データの基準クロック $T_q$ を小さくすることが必要である。すなわち、 $T_q < \langle v_q \rangle_{ave}$ が $1 \leq q \leq p$ なる全ての $q$ に対してほぼ一定となるように、ゾーンに応じて $T_q$ を変化させる。ここで、ほぼ一定とは、 $\pm 1\%$ 程度の誤差を含むものとする。また、同一ゾーン内の最大線速と最小線速を一定の範囲内にするために、

【0128】

【数8】

分割してもよいが、この条件を満たす限り等分割でなくともよい。記録領域幅にもよるが、30~40mm幅の記録領域については、概ね10個以上に分割される。

【0130】本発明者らの検討によれば、最短マーク長 $0.4 \mu m$ 程度でも、(2)式を満たせば、ジッタの値は実用レベルであった。以上2つの条件は、記録線密度を一定とし、ひいてはマークの物理的長さ、或いはチャ



ネルビット長を一定するための条件である。なお、チャンネルビット長とは、トラックに沿った1チャンネルビットあたりの長さである。DVDとの再生互換性を、より確実に得るためには、基準再生速度 $v$ を約3.5m/s、基準クロック周期 $T$ を約38.2nsecとしたとき、

$$(\langle v_q \rangle_{\max} - \langle v_q \rangle_{\min}) / (\langle v_q \rangle_{\max} + \langle v_q \rangle_{\min}) < 1\% \quad (3)$$

【0132】を満たさねばならない。すなわち、 $(\langle v_q \rangle_{\max} - \langle v_q \rangle_{\min})$ が $(\langle v_q \rangle_{\max} + \langle v_q \rangle_{\min})$ の1%未満となるようにし、第 $q$ ゾーンの幅は、平均半径 $\langle r_q \rangle_{\text{ave}}$ の±1%未満の半径位置までが許容されるも

$$T_q < v_q \rangle_{\text{ave}} = vT$$

【0134】であり、 $T_q < v_q \rangle_{\text{ave}}$ が $1 \leq q \leq p$ なる全ての $q$ に対してほぼ一定となるようにする。ここで、ほぼ一定とは、±1%程度の誤差を含むものとする。これにより、ZCAV方式ながら擬似的に、半径によらない等密度記録ができるため、CLV方式でも再生が可能となり、CLV方式のDVDプレーヤーとの互換性が高まる。必要に応じて、ゾーン幅はより狭くしてもよい。

【0135】さて、以上のような条件のもとで、DVDと同等の記録密度を得る光記録方法について説明する。波長が600～680nmの光を、開口数NAが0.55～0.65の対物レンズを通し、基板を介して記録層に集光させ、データの記録再生を行うにあたり、上記記録領域の最内周が半径20～25mmの範囲にあり、最外周が半径55～60mmの範囲にあり、最内周側ゾーンの平均線速度が3～4m/sであり、第 $q$ ゾーン（ただし、 $q$ は $1 \leq q \leq p$ の整数）における角速度を $\omega_q$ 、平均線速度を $\langle v_q \rangle_{\text{ave}}$ 、最大線速度を $\langle v_q \rangle_{\max}$ 、最小線速度を $\langle v_q \rangle_{\min}$ 、基準クロック周期を $T_q$ 、最短マークの時間的長さを $n_{\min} T_q$ とすると、 $n$ は1～14の整数であり、 $m = n - 1$ であり、 $\omega_q$ 、 $P_b$ 及び $P_e/P_w$ はゾーンによらず一定であり、 $T_q < v_q \rangle_{\text{ave}}$ は $1 \leq q \leq p$ なる全ての $q$ に対してほぼ一定であり、かつ、

【0136】

【数11】 $(\langle v_q \rangle_{\max} - \langle v_q \rangle_{\min}) / (\langle v_q \rangle_{\max} + \langle v_q \rangle_{\min}) < 10\%$

【0137】を満たし、(i)第1ゾーンにおいては、 $\alpha^1_1 = 0.3 \sim 0.8$ 、 $\alpha^1_1 \geq \alpha^1_2 = 0.2 \sim 0.4$ であって $i$ によらず一定( $2 \leq i \leq m$ )、 $\alpha^1_2 + \beta^1_1 \geq 1.0$ 、 $\alpha^1_1 + \beta^1_{i-1} = 1.0$  ( $3 \leq i \leq m$ )とし、

(ii)第 $p$ ゾーンにおいては、 $\alpha^p_1 = 0.3 \sim 0.8$ 、 $\alpha^p_1 \geq \alpha^p_2 = 0.3 \sim 0.5$ であって $i$ によらず一定( $2 \leq i \leq m$ )、 $\alpha^p_1 + \beta^p_{i-1} = 1.0$  ( $2 \leq i \leq m$ )としたとき、(iii)他のゾーンにおいては、 $\alpha^q_1 \leq \alpha^q_i \leq \alpha^q_p$  ( $2 \leq i \leq m$ )とし、 $\alpha^q_i$ は、 $\alpha^q_1$ と $\alpha^q_p$ との間の値として記録を行う。

【0138】上記記録領域の最内周が半径20～25mmの範囲にあり、最外周が半径55～60mmの範囲に

チャンネルビット長 $vT$ の変動をほぼ±1%未満とするのが好ましい。ZCAV媒体においてこの条件を満たすためには、下記(3)式

【0131】

【数9】

のとする。このため、記録領域を200個以上のゾーンに分割する。かつ、

【0133】

【数10】

(4)

ある場合、記録領域の半径幅は約30～40mmとなる。そして、ディスクを最内周の第1ゾーンにおいて $\langle v_1 \rangle_{\text{ave}} = 3 \sim 4 \text{ m/s}$ となるように等角速度で回転させる。第1ゾーン、第 $p$ ゾーンについては上記条件により記録を行い、他のゾーン( $2 \leq q \leq p-1$ なる第 $q$ ゾーン)については $\alpha^q_1 \leq \alpha^q_i \leq \alpha^q_p$  ( $2 \leq i \leq m$ )とし、 $\alpha^q_i$ は、 $\alpha^q_1$ と $\alpha^q_p$ との間の値とする。この場合、 $\alpha^q_i$ の値は0.1Tもしくは0.01T刻みで設定することが望ましい。好ましくは、 $\alpha^q_1 \geq \alpha^q_i \geq \alpha^q_p$ （ただし、 $\alpha^q_1 > \alpha^q_p$ ）とする。

【0139】さらに、 $P_b$ 、 $P_e/P_w$ 、 $\beta_1$ 、 $\beta_m$ はゾーンによらず一定であり、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_i$ のみをゾーンにより変化させれば、線速3～8m/sをすべてカバーする広い線速範囲で良好なオーバーライト特性を得ることができる。好ましくは、これら $P_e/P_w$ 、 $P_b$ 、 $P_w$ 、 $\beta_m$ 、 $(\alpha^1_1, \alpha^p_1)$ 、 $(\alpha^1_e, \alpha^p_e)$ の数値が、あらかじめ基板上に、プリビット列或いは溝変形により記載しておくことで、各記録媒体ごと、そして各ゾーンごとにドライブが最適のパルス分割方法及びパワーを選択することができてよい。これらは、通常、記録領域の最内周端もしくは最外周端に隣接した位置に記録される。バイアスパワー $P_b$ を再生パワー $P_r$ と同じにするのであれば、バイアスパワー $P_b$ はあえて記載しなくても良い場合もある。溝変形とは、具体的には溝蛇行（ウォブル）などである。

【0140】或いは、プリビット列もしくは溝変形により、アドレス情報をあらかじめ基板上に記録した光学的情報記録用媒体に、該アドレス情報とともに、該アドレスにおいて適当な $\alpha_1$ 及び $\alpha_i$ に関する情報を含ませてもよい。これにより、アクセスする際にアドレス情報とともに該パルス分割方法情報も読み出し、パルス分割方法を切り替えることができ、特別な補正をすることなく、該記録媒体及び該アドレスの属するゾーンに適したパルス分割方法を選択することができる。

【0141】上記のような、ゾーンごとに記録パルス分割方式を変更しながら、ディスク全周にわたって記録を行う方式は、ZCLV方式(Zoned CLV)でも適用可能である。以下に具体例を説明する。記録領域を半径方向に複数のゾーンに分割し、各ゾーン内において



は、線速度一定で記録を行うものとし、最内周ゾーンにおける記録線速度 $v_{in}$ と最外周ゾーンにおける記録線速度 $v_{out}$ の比 $v_{out}/v_{in}$ が1.2~2であり、 $\alpha_i = 0.3 \sim 0.6$  ( $2 \leq i \leq m$ ) 及び $\beta_m = 0 \sim 1.5$ とし、線速度によらず $m$ 、 $\alpha_i + \beta_{i-1}$  ( $3 \leq i \leq m$ )、 $\alpha_i T$ 、 $P_e/P_w$ 、及び $P_b$ を一定とし、線速度に応じて $\alpha_i$  ( $2 \leq i \leq m$ ) 及び/又は $\beta_m$ を変化させることにより記録を行う。ZCLV方式は、記録領域を半径方向の複数のゾーンに分割することはZCAV方式と同様であるが、同一ゾーン内ではCLVモード、即ち線速度一定でディスクを回転させながら記録を行う。

【0142】このため、本発明記録方法をZCLV方式に適用する場合、最内周ゾーンと最外周ゾーンとの線速度をそれぞれ $V_{in}$ 、 $V_{out}$ とすると、 $V_{in}$ と $V_{out}$ の差を小さくし、例えば $V_{out}/V_{in}$ を1.2~2とすることで、媒体への線速度依存性の負担を軽減する。本発明媒体は、記録パルス分割方法をわずかに変更するのみで、線速3~8m/sの広範囲で記録可能であるから、比較的少ないゾーン数に分割するZCLV方式が適用できる。この際、ゾーンによらず等記録密度とするためには、各ゾーンでの線速度 $V_q$ と各ゾーンにおける記録データの基準クロック周期 $T_q$ は、 $T_q < v_q >_{ave}$ を $q$ によらずほぼ一定とする。

【0143】そして、各ゾーンにおいて、最適化された記録パルス分割方法を用いる。すなわち、 $\alpha_i = 0.3 \sim 0.5$  ( $2 \leq i \leq m$ ) 及び $\beta_m = 0 \sim 1.5$ とし、線速度によらず $m$ 、 $\alpha_i + \beta_{i-1}$  ( $3 \leq i \leq m$ )、 $\alpha_i T$ 、 $P_e/P_w$ 、及び $P_b$ を一定とし、線速度に応じて $\alpha_i$  及び/又は $\beta_m$ を変化させることにより記録を行う。以上述べた、CLV方式、ZCAV方式、或いはZCLV方式において、オーバーライト時の線速度に応じて記録パルス分割法を可変とする例は、主として $\beta_m$ を線速によらず一定として、パルス発生回路を簡便化するものであったが、逆に、 $\beta_m$ を積極的に変化させることで、パルス発生回路の簡易化を図ることもまた可能である。

【0144】すなわち、結晶部を未記録・消去状態とし非晶質部を記録状態とし、最短マーク長 $0.5 \mu m$ 以下の複数の記録マーク長により情報を記録するにあたり、記録マーク間には、非晶質を結晶化しうる消去パワー $P_e$ の記録光を照射し、一つの記録マークの時間的な長さを $nT$ としたとき ( $T$ は基準クロック周期、 $n$ は2以上の整数)、記録マークの時間的な長さ $nT$ を、

【0145】

【数12】 $\eta_1 T$ 、 $\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\beta_2$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_i T$ 、 $\beta_i T$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_m T$ 、 $\beta_m T$ 、 $\eta_2 T$

【0146】(ただし、 $m$ はパルス分割数で $m = n - k$ 、 $k$ は $0 \leq k \leq 2$ なる整数とする。また、 $\Sigma_1 (\alpha_1 + \beta_1) + \eta_1 + \eta_2 = n$ とし、 $\eta_1$ は $\eta_1 \geq 0$ なる実数、 $\eta_2$ は $\eta_2 \geq 0$ なる実数、 $0 \leq \eta_1 + \eta_2 \leq 2.0$ とする。 $\alpha_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) は $\alpha_i > 0$ なる実数とし、 $\beta_i$  ( $1 \leq i \leq$

$m$ ) は $\beta_i > 0$ なる実数とする。 $\alpha_1 = 0.1 \sim 1.5$ 、 $\beta_1 = 0.5 \sim 1.0$ 、 $\beta_m = 0 \sim 1.5$ とし、 $2 \leq i \leq m$ なる $i$ において $\alpha_i$ は $0.1 \sim 0.8$ の範囲にあり、かつ、 $i$ によらず一定とする。なお、 $3 \leq i \leq m$ なる $i$ において $\alpha_i + \beta_{i-1}$ は $0.5 \sim 1.5$ の範囲にあり、かつ、 $i$ によらず一定とする。)の順に分割し、 $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ )の時間内においては記録層を溶融させるにたる $P_w > P_e$ なる記録パワー $P_w$ の記録光を照射し、 $\beta_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ )の時間内においては、 $0 < P_b \leq 0.2 P_e$  (ただし、 $\beta_m T$ においては、 $0 < P_b \leq P_e$ となりうる)なるバイアスパワー $P_b$ の記録光を照射し、線速度によらず $m$ 、 $\alpha_i + \beta_{i-1}$  ( $3 \leq i \leq m$ )、 $\alpha_i T$ 、及び $\alpha_i T$  ( $2 \leq i \leq m$ )を一定とし、線速度が小さいほど $\beta_m$ が単調に増加するように変化させる光記録方法である。

【0147】まず、記録密度を一定に保つために、上述のZCAV方式もしくはZCLV方式を適用し、基準クロック周期 $T$ は線速度に反比例させて変化させる。そして、少なくとも $3 \leq i \leq m$ 、好ましくは $2 \leq i \leq m$ において $\alpha_i + \beta_{i-1}$ を、線速及び $i$ によらず一定とすることにより、パルス発生回路を簡略化でき、かつ、 $\alpha_i$ を低線速ほど単調に減少させて記録層の冷却速度を増加させることができる。通常、 $\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$ とする。このようなパルス分割方法を実現するためには、図11のゲート発生タイミングの説明図において、基準クロック周期 $T$ に同期させて(一定の遅延を付加することはありうる)、幅 $\alpha_i T$ の固定長パルス一個(Gate 1)と、後続する幅 $\alpha_i T$  ( $\alpha_i T$ )の固定長パルスを複数個(Gate 2)発生させる一方、最終オフパルス長 $\beta_m T$ を決めるGate 3のみ線速に応じて変化させれば良い。

【0148】ここで、各記録線速度での最大記録パワーを $P_{wmax}$ 、最小記録パワーを $P_{wmin}$ とすると、 $P_{wmax}/P_{wmin} \leq 1.2$ 、 $P_e/P_w = 0.4 \sim 0.6$ 、 $0 \leq P_b \leq 1.5$  (mW)とするのが好ましい。また、前述のように、少なくともオーバーライト時の線速度が5m/s以下の場合において、繰返しオーバーライト時の熱ダメージを防ぐために、 $m = n - 1$ においては $\Sigma \alpha_i < 0.4n$ とし、 $m = n - 2$ においては $\Sigma \alpha_i < 0.5n$ とするのが好ましい。

【0149】さらに、オーバーライト時の最高線速度における $\beta_m$ を $\beta_m^H$ 、最低線速度における $\beta_m$ を $\beta_m^L$ として、各オーバーライト時の線速度における $\beta_m$ を $\beta_m^L$ と $\beta_m^H$ の間の値とし、記録線速度によらず $P_b$ 、 $P_e/P_w$ 比が一定であるような記録方法が適用できる。この場合、少なくとも $P_e/P_w$ 比、 $P_b$ 、 $P_w$ 、 $\alpha_i T$ 、 $\alpha_i T$ 、( $\beta_m^L$ 、 $\beta_m^H$ )の数値が、あらかじめ媒体の基板上に、プリピット列或いは溝変形により記録されていれば、やはり最適なパルス分割方法が自動的に選択でき、好ましい。

【0150】さらにまた、最大線速度が最小線速度の倍程度までであれば、十分に実用的な信号品質を維持しつつ、記録線速度によらず $\beta_{\text{eff}}$ が一定であるような光記録方法も可能である。CLV方式の再生専用DVDドライブには、マークを再生して得られる基準クロック周期をもとに、データクロックと回転同期信号を発生させて、回転制御を行う方式がある。

【0151】上述のようにして、最短マーク長、或いはチャンネルビット長が記録半径によらずほぼ一定となるように、ZCAV方式でマークが記録された媒体は、本方式の再生専用DVDドライブで、そのまま再生することが可能である。すなわち、記録されたマークから生成されるデータの基準クロック周期 $T_q$ が、該ドライブの基準データクロック $T_r$ とほぼ一致するようにPLL (Phase Lock Loop) 方式により回転同期制御することが可能であるから、多少の線速のゆらぎやチャンネルビット長のゆらぎがあっても、再生回路でそのままデコードできるのである。

【0152】特に、全てのゾーンで最短マーク長が $0.4\mu\text{m}$ でほぼ一定になるように記録されたEFMプラス変調データは、記録されたマークから生成される回転同期信号から、PLL制御によるCLV回転同期が達成される。同時に、周波数が $25\sim 27\text{MHz}$ の範囲にある基準データクロック $T_r$ が発生され、このクロックに基づいて、ゾーン間の遷移を意識することなく、CLV記録媒体として再生することができる。もちろん、基準データクロックが $T_r/2$ となるように回転同期が達成されれば、2倍速による再生が可能となる。このようなPLL方式による回転同期信号の発生回路等は、既に公知のDVDプレーヤーやDVD-ROMドライブでの方式をそのまま使用できる。

【0153】さて、本発明媒体は、反射率以外の全ての信号特性においてDVDとの再生互換性を確保することができる。このためには溝内記録が望ましく、また、溝のプッシュプル信号が小さいのが好ましい。溝のプッシュプル信号が大きいと、再生時に使用するDPD法でのトラッキングサーボ信号が小さくなるからである。従って溝深さを、プッシュプル信号が最大となる $\lambda/(8n)$ より浅くする必要がある。なお、 $\lambda$ は空気中での再生光波長、 $n$ は基板の屈折率である。しかし、記録時には通常、トラッキングサーボにプッシュプル信号を利用するので、小さすぎても好ましくない。

【0154】また、再生信号特性については、高いCN比を得るためには変調度Modが0.5以上であるのが好ましい。ただし、Modは(DC再生信号のエンベロープの振幅)/(DC再生信号のエンベロープの上端値)とする。好ましい溝深さは $d=\lambda/(20n)\sim\lambda/(10n)$ である。 $\lambda/(20n)$ より浅すぎると、記録時のプッシュプル信号が小さくなりすぎてトラッキングサーボがかからず、 $\lambda/(10n)$ より深くては再

生時のトラッキングサーボが安定しない。例えば、記録再生波長が $630\sim 670\text{nm}$ 程度、対物レンズの開口数NAが0.6～0.65では、溝深さは $25\sim 40\text{nm}$ の範囲であることが望ましい。

【0155】また、DVDと同程度の容量を確保するには、溝のピッチを $0.6\sim 0.8\mu\text{m}$ とする。また、溝ピッチを $0.74\mu\text{m}$ とすると、DVDとの互換性がとりやすい。溝幅は $0.25\sim 0.5\mu\text{m}$ であることが望ましい。 $0.25\mu\text{m}$ より狭いとプッシュプル信号が小さくなりすぎてしまう。 $0.5\mu\text{m}$ より広いと溝間の幅が狭くなり基板の射出成形時に樹脂が入り込みにくく、溝形状の基板への正確な転写が困難になる。本発明媒体は、記録後に反射率が低下する。このような媒体において、溝内の反射率のほうを低くするためには、つまり、記録後の溝内の平均反射率を $R_{Ga}$ 、記録後の溝間の平均反射率を $R_{La}$ として、 $R_{Ga}<R_{La}$ とするためには、溝幅が溝間幅より狭いことが望ましい。

【0156】例えばDVDと互換性をとるために、溝ピッチを $0.74\mu\text{m}$ とすると、溝幅はその半分である $0.37\mu\text{m}$ より狭いことが好ましい。一方、記録前の溝内の平均反射率を $R_{Gb}$ 、記録前の溝間の平均反射率を $R_{Lb}$ とすると、上記 $R_{Ga}<R_{La}$ さえ満足すれば $R_{Gb}>R_{Lb}$ であってもよい場合には、溝幅を $0.4\sim 0.5\mu\text{m}$ とすることで、溝内に記録される非晶質マークの幅を広げ、変調度を高めたり、ジッタを低減できることがある。さて、これら溝には、未記録の特定トラックにアクセスするために、また、基板を一定線速度で回転させる同期信号を得るために、周期的な変形を設けることがある。一般的には、トラック横断方向に蛇行したウォブル(wobble)が形成されることが多い。すなわち、溝が一定周波数 $f_{wo}$ で蛇行していれば、その周波数を検出することで、PLL方式により回転同期用の信号が取り出せる。溝蛇行の振幅は、 $40\sim 80\text{nm}$ (peak-to-peak値)であることが望ましい。 $40\text{nm}$ 未満では振幅が小さすぎてSN比が悪くなるし、 $80\text{nm}$ を超えると、図6に示す記録信号のエンベロープの上下端がウォブル信号に由来する低周波成分を多く含み、再生信号の歪みが大きくなってしまふ。ウォブルの周波数が、記録データの帯域に近い場合には、その振幅は $80\text{nm}$ 以下であることが望ましい。

【0157】さらに、該蛇行周波数 $f_{wo}$ を搬送波として、特定のアドレス情報に従って、周波数変調もしくは位相変調された蛇行を形成すれば、これを再生することでアドレス情報を取得できる。蛇行周波数 $f_{wo}$ を一定として溝蛇行を形成すれば、 $f_{wo}$ から生成された溝蛇行信号の基準周期 $T_w$ もしくはその倍数又は約数から、データ用の基準クロック信号 $T$ を発生させることもできる。通常、ウォブルの周期は、データの周波数成分より十分に低周波又は高周波に設定し、データ信号成分との混合を防止し、帯域フィルタ等で容易に分別できるように設

定される。特に、 $f_{w0}$  がデータの基準クロック周期より1～2桁程度低くすることは記録可能CD等でも実用化されている。CLV方式に用いる媒体においては、PLL回転同期が達成されたのち、 $f_{w0}$  を1～2桁程度、倍してデータ基準クロックを生成する。このような方法で生成されたデータ基準クロックは、一般的に、回転同期のゆらぎの影響( $f_{w0}$  の0.1～1%程度)から、データ基準クロック(周波数)と同じオーダーの揺らぎを伴いやすい。これは、データの検出のためのウィンドーマージンを悪化させる。

$$100/T \geq f_{w0} \geq 1/(100T) \quad (5)$$

【0160】とする。また、既に述べたZCAV法においては、基準クロック周期 $T_q$ は、各ゾーンの溝蛇行の基準周期 $T_{wq}$ の倍数もしくは約数として発生せしめるのが好ましい。すなわち、周波数 $f_{w0}$  をゾーンごとに変更しながら、一定角速度で溝蛇行を形成することで、 $f_{w0}$  として生成される基準クロックもしくはその通倍数周波数を、データ用の基準クロック $T_q$ として発生させることができる。この際に、溝のウォブルを、(5)式を満たすような比較的高周波とすると、各ゾーンごとのデータ基準クロックの生成が容易になる。そして、ゾーンごとに基準クロック $T_q$ を変化させ、可変パルス分割方法をこの信号に同期させて発生させることができ、分割された各パルスの位置精度やゆらぎが低減でき、好ましい。ZCAV方式のゾーン分割の一例として、溝の一周を1ゾーンとすることが考えられる。このとき溝が、ゾーンによらず周期が一定のウォブルを有し、溝ピッチをTP、蛇行周期を $T_{w0}$ とすると、近似的に

【0161】

$$\text{【数14】 } 2\pi \cdot TP = a \cdot T_{w0} \cdot v_0$$

(ただし、 $a$  は自然数)

【0162】なる関係を満たすようにすると、周期 $T_{w0}$  が一定のウォブルが、全記録領域にわたって形成され、トラック一周だけ外周になるごとに、 $a$  個のウォブルが増加することになる。そして、 $T_{w0}$  が、基準クロック周期 $T$ の整数倍となっていること、すなわち $T_{w0} = mT$  ( $m$  は自然数)となっていることは、 $T_{w0}$  から基準クロックを発生させる場合に、単純に整数分の1とすればよいので、基準クロック発生回路を簡略化でき望ましい。この場合、 $m$  は近似的に自然数でなくてもよく、±5%程度のずれは許容できる。

【0163】すなわち、 $TP = 0.74 \mu\text{m}$  に対して、 $v_0 = 3.5 \text{ m/s}$ 、 $T = 38.23 \text{ nsec}$ 、 $n = 1$  とすると、 $m = 34.7$  となり、近似的にウォブル周期 $T_{w0} = 35T$  とすれば、一周ごとに含まれるウォブルの数が1個ずつ増えていく。この場合には、CLV方式で、ウォブルが導入されているにもかかわらず、隣接トラックのウォブルの位相が常にそろっているために干渉(ビート)によるウォブル信号の再生振幅の変動が小さいという利点がある。

【0158】そこで、溝蛇行信号とは別に、データ基準クロックのゆらぎを補正するために、一定データ長毎に、プリビットや振幅の大きい特殊なウォブルを挿入することも有効である。一方、 $f_{w0}$  がデータ基準クロック周波数( $1/T$ )もしくはその100分1から100倍の範囲であれば、回転同期達成後、とりだされたウォブル信号をもとに、そのままデータ基準クロックを発生しても十分な精度が確保できる。すなわち、

【0159】

10 【数13】

【0164】以上、本発明の適用例について述べたが、本発明は相変化媒体一般のマーク長記録における線速度依存性及び記録パワー依存性を改善するのに有効であり、書換え型DVDに限定されるものではない。例えば、波長350～500nmの青色レーザー光と $NA = 0.6$ 以上の光学系を用いた、最短マーク長が0.3μm以下のマーク長変調記録を行う場合にも、本発明媒体及び記録方法は有効である。最短マーク長は、マークの安定性を考慮すれば10nm程度以上が好ましい。その場合、トラック横断方向の温度分布を平坦化することに留意する必要があり、第2保護層の膜厚を5～15nmと極めて薄くすることが有効である。波長350～450nmのレーザー光を用いる場合は、10nm以下とするのがより好ましい。

【0165】さらに、本発明媒体は、溝と溝間の両方をトラックとして記録を行う、いわゆるランド&グループ記録に適用してもよい。ランドとグループで同等の記録特性を満たさなければならない困難さはあるものの、溝幅が広いままトラックピッチを狭めやすく、高密度記録に適している。溝幅GWと溝間幅LWをともに0.2～0.4μmとすることで、高密度でありながら安定したトラッキングサーボ性能が得られる。また、GW/LW比が0.8以上1.2以下であれば、溝及び溝間双方の信号品質を同等に保てる。クロストークを低減するためには、溝深さ $d = \lambda / (7n) \sim \lambda / (5n)$  又は $\lambda / (3.5n) \sim \lambda / (2.5n)$  とすることが望ましい。

【0166】

40 【実施例】以下に実施例を示すが、本発明はその要旨を越えない限り以下の実施例に限定されるものではない。以下の実施例では、基板は射出成形で作成した。基板は厚さ0.6mmの射出成形されたポリカーボネート樹脂基板とし、特に断らない限り、溝ピッチ0.74μm、幅0.34μm、深さ30nmの溝をスパイラル上に形成したものをを用いた。特に断らない限り、溝は線速3.5m/sにおいて、周波数140kHzのウォブルを有し、ウォブルの振幅は約60nm (peak-to-peak値)とした。

50 【0167】なお、溝形状は、U溝近似の光学回折法を

用いて測定した。走査型電子顕微鏡や走査型プローブ顕微鏡で溝形状を実測しても良い。この場合、溝深さの半分的位置における溝幅を用いる。特に断らない限り、該基板上に、図5(a)に示すような4層構成を成膜後、その上に紫外線硬化樹脂からなる保護層をスピコートによって設け、もう1枚同じ層構成を有する0.6mm厚基板と貼り合わせた。また、以下の実施例及び比較例においては、図5(a)における第1保護層を下部保護層、第2保護層を上部保護層と呼ぶこととする。

【0168】成膜直後の記録層は非晶質であり、長軸約90 $\mu$ m、短軸約1.3 $\mu$ mに集光した波長810~830nmのレーザー光ビームにより線速3.0から6.0m/sの範囲内で適当な線速度を選んで、初期化パワー500~700mWの光を照射して全面を熔融して再結晶化させ初期(未記録)状態とした。各層組成は蛍光X線分析、原子吸光分析、X線励起光電子分光法等を組み合わせて確認した。記録層、保護層の膜密度は基板上に数百nm程度に厚く成膜した時の、重量変化から求めた。膜厚は蛍光X線強度を触針計で測定した膜厚で校正して用いた。反射層の面積抵抗率は4探針法抵抗計(Loresta FP、(商品名)三菱油化(現ダイアインストルメント)社製)で測定した。抵抗測定は、絶縁物であるガラスもしくはポリカーボネート樹脂基板上に成膜した反射層、あるいは、図5の4層構成(紫外線硬化樹脂保護コート前)成膜後、最上層となる反射層で測定した。上部保護層が誘電体薄膜で絶縁物であるため、4層構成であっても、反射層の面積抵抗率測定に影響はない。また、実質的に無限大の面積とみなせる、直径120mmのディスク基板形状のまま測定した。得られた抵抗値Rを元に、以下の式で、面積抵抗率 $\rho_s$ 及び体積抵抗率 $\rho_v$ を計算した。

【0169】

$$\text{【数15】 } \rho_s = F \cdot R \quad (6)$$

$$\rho_v = \rho_s \cdot t \quad (7)$$

【0170】ここで、tは膜厚、Fは測定する薄膜領域の形状で決まる補正係数であり、4.3~4.5の値をとる。ここでは、4.4とした。特に断らない限り、記録再生評価にはパルステック製DDU1000評価機を用いた。光ヘッドの波長は637nm、対物レンズの開口径NAは0.6もしくは0.63である。ビーム径はそれぞれ約0.90 $\mu$ m及び約0.87 $\mu$ mである。なお、ビーム径は、ガウシアンビームでエネルギー強度がピーク強度の1/e<sup>2</sup>以上となる領域に相当する。

【0171】記録は図10に示したパルス分割方法で、特に断らない限り $m=n-1$ とし、 $\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$  ( $2 \leq i \leq m$ )とした。Pbはすべての線速度において再生パワーと同じ1.0mWで一定とした。Pe/Pwは特に断らない限り、0.5で一定とした。Pbを、0.8~1.0mWの間で一定とし、Pwを変化させて

変調度及びジッタを測定した。記録する信号は、DVDで用いられている8-16変調(EFMプラス変調)されたランダム信号とした、特に断らない限り最短マーク長は0.4 $\mu$ mとした。また、特に断らない場合は、単一トラックのみ記録した状態で測定をおこなったので、クロストークの影響は入っていない。記録は、DVDの標準線速度3.5m/sを1倍速として、1倍速、2倍速など様々な線速で行った。

【0172】再生は常に線速3.5m/sで行い、ジッタはイコライザー通過後の再生信号を2値化した後に測定した。なお、ジッタはエッジ・トゥ・クロックジッタ(edge-to-clock jitter)を指し、測定値は基準クロック周期Tに対する%で表示した。イコライザーの特性は再生専用DVD規格に準拠した。基準クロック周期T=38.2nsec.(26.16MHz)に対して概ね10%未満(より好ましくは8%未満)のジッタと、50%以上の変調度、好ましくは60%以上の変調度が得られることが好ましい。さらにまた、繰返しオーバーライト後のジッタ増加が少なく、少なくとも100回後、好ましくは1000回後でも、Tに対して13%未満を維持できることが望ましい。なお、再生専用DVDとの互換性確保の立場からは650~660nmでの再生光での測定が重要であるが、本発明において波長は、単に集束光ビーム形状にわずかに影響するだけであり、再生光学系を調整すれば、本発明で使用したような637nm光学系と同様のジッタが660nm光学系でも得られることが確認されている。

【0173】(実施例1及び比較例1)記録層として、本発明に係るInGeSbTe系と従来公知のInAgSbTe四元系とを比較するために、AgとGeの組成以外はほぼ厳密に記録層組成及び層構成をそろえた媒体を表1のように用意した。両記録層は、AgとGeを置き換えた以外、組成はほとんど測定誤差の範囲内で十分同等とみなせる範囲である。下部保護層の膜厚が異なっているのは、媒体の反射率R<sub>top</sub>が同じとなるように調整したためである。記録層の屈折率が微妙に違うせいで、このような補正が必要なのであるが、記録層への光の吸収効率を同じにして、再生光による熱ダメージの影響を同じにして比較するためには必要な補正である。記録層膜厚及び上部保護層膜厚が同じであるから、放熱効果及び熱ダメージについては同等とみなせる。基板は0.6mm厚のポリカーボネート樹脂で、溝ピッチ0.74 $\mu$ m、溝幅0.34 $\mu$ m、溝深さ27nm、ウォブル周波数140kHz(線速度3.5m/s)、ウォブル振幅60nm(peak-to-peak値)の溝が形成されており、該溝内に記録を行った。

【0174】

【表1】

表-1

		実施例1	比較例1
記録層材料		In <sub>0.035</sub> Ge <sub>0.055</sub> Sb <sub>0.70</sub> Te <sub>0.21</sub>	In <sub>0.04</sub> Ag <sub>0.05</sub> Sb <sub>0.69</sub> Te <sub>0.22</sub>
Sb/Te		9.3	9.4
膜厚 (nm)	下保護層	8.8	7.4
	記録層	1.8	1.6
	上保護層	2.0	2.0
	反射層	250	250
記録光学系		637nm、NA=0.68	
記録パワー等		Pw=13.5mW、Pe=6.5mW、Pb=0.8mW	
記録パルス特性		$\alpha_1=0.5$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_n=0.5$	
R <sub>top</sub> (%)		18.8	18.3
変調度 (%)		64.6	65.4
ジッタ (%)		6.7~7.0%	6.9~7.2%

【0175】この2種類の媒体に対して、記録線速度 3.5m/s、T=38.2ナノ秒において、EFMプラス変調で記録を行ったところ、良好なオーバーライト記録特性を示した。オーバーライト記録条件は、それぞれのディスクの特性が必ずしもベストとなる条件ではなく、両方の特性が表-1に示すようにほぼ同等となるような共通の条件で行った。すなわち、図10(a)に示すパルス分割方法において、 $m=n-1$ 、 $\alpha_1+\beta_{1-1}=1.0$  ( $2 \leq i \leq m$ )、 $\alpha_1=\alpha_c=一定$  ( $2 \leq i \leq m$ )とし、 $\alpha_1=0.5$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_n=0.5$ とし、Pw=13.5mW、Pe=6.5mW、Pb=0.8mWとした。このように記録された信号に、再生光を繰返し照射し、再生光安定性を調べた。所定の再生光パワーPrで所定回数照射したのち、再生光パワーを0.5mWと十分低くしてジッタ等の測定を行った。結果を図12に示す。実施例1の媒体は、再生光パワー1mWでは106回まで全く再生光による劣化を示さなかった。0.1mWずつパワーを上げると徐々に劣化が早くなる程度である。

【0176】一方、比較例1の媒体は、再生光パワー1mW以上のすべての再生光において、最初の100~1000回までの間に急激にジッタが増加したのち徐々に悪化する。全体としてジッタ値が高いが、初期のジッタ悪化が致命的である。比較例1においてはまた、再生光により変調度が低下し、100回程度の照射で10%程度低下して落ち着いた。初期はジッタが急増するため、変調度の低下は不均一に進行していると考えられる。実施例1及び比較例1の記録済媒体を、80℃/80%RHの環境下に放置して、加速試験を行ったところ、250時間後には実施例1のディスクの特性は、ほとんど全く変化していないのに対して、比較例1のディスクの記録信号は、ほぼ完全に消えていた。比較例1の組成の記

録層材料では非晶質マークが極めて不安定なことがわかる。

【0177】このように実施例1のディスクにおいては、初期のオーバーライト記録特性とともに、耐再生光安定性、経時安定性に優れている。これは、Sb<sub>0.7</sub>Te<sub>0.3</sub>に過剰のSbを含む合金系において、Geの適量の添加が非常に効果的であることを示している。実施例1の媒体について、80℃/80%RHの環境下で加速試験を行った。2000時間まで加速試験を実施した。加速試験前に記録した信号のジッタの悪化は1%程度に過ぎなかった。また、変調度は初期が64%であったが、2000時間加速試験後も61%と、ほとんど変化しなかった。反射率もほとんど全く変化していなかった。2000時間後に未記録部に新たに記録を行った場合のジッタの悪化は3%程度であったが、実用上全く支障の無いレベルである。また、実施例1の媒体において、ジッタの記録パルス分割方法依存性を、 $m=n-1$ 及び $m=n-2$ の場合について詳細に検討した。

【0178】図13は、線速3.5m/sにおいてそれぞれ(a)  $m=n-1$ 、(b)  $m=n-2$ で記録した場合のジッタの、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_c$ 依存性を示す等高線図である。また、図14は、線速7.0m/sにおいてそれぞれ(a)  $m=n-1$ 、(b)  $m=n-2$ で記録した場合のジッタの、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_c$ 依存性を示す等高線図である。各図の測定に用いたPw、Pe、Pb及び $\beta_n$ は各図の上に示している。線速3.5m/sにおいては、 $m=n-1$ 、 $m=n-2$ いずれの場合にも、 $\alpha_1=0.7 \sim 0.8$ 、 $\alpha_c=0.35 \sim 0.40$ の近傍において、最も低いジッタ(概ね7%以下)が得られているのがわかる。線速7.0m/sにおいては、 $m=n-1$ 、 $m=n-2$ いずれの場合にも、 $\alpha_1=0.5$ 付近、 $\alpha_c=0.40$ 付近において、最も低いジッタが得られているのがわか

る。最小のジッタが得られる近傍の $\alpha_1$ 、 $\alpha_c$ に対しては、いずれの場合も $\Sigma \alpha_i < 0.5n$ なる条件を満たす。なお、本実施例では、線速3.5m/s、7.0m/sいずれの場合にも、 $m=n-2$ とすることで、より低いジッタ値が得られており、また、 $m=n-1$ の場合に比べて、大きい $\alpha_1$ に対しても低ジッタが得られている。

【0179】さらに、上記実施例1の媒体を、 $NA=0.63$ の評価機を用いて、表-2のように、記録パルス分割方法を変えて、ジッタの線速依存性を評価した。なお、基準クロック周期 $T$ は線速に反比例させている。パルス分割方法は、 $m=n-1$ 、 $\alpha_1 + \beta_{1-1} = 1.0$

表 - 2

線速度	$\alpha_1 / \alpha_c / \beta_n$	$P_w / P_e$ (mW)	ジッタ (%)
1.0×(3.5m/s)	0.6T/0.35T/0.5T	13.5mW/7.0mW	5.95
1.5×(5.2m/s)	0.4T/0.35T/0.5T	13.5mW/7.0mW	6.31
2.0×(7.0m/s)	0.4T/0.4T/0.5T	13.5mW/7.0mW	7.57
2.4×(8.4m/s)	0.5T/0.4T/0.5T	13.0mW/7.0mW	8.81

【0181】また、波長660nm、 $NA=0.65$ の評価機を用いて記録再生を行っても、同様の結果が得られた。

【0182】(実施例2) 基板上に、下部保護層( $ZnS$ )<sub>80</sub>( $SiO_2$ )<sub>20</sub>、記録層 $Ge_{0.05}Sb_{0.73}Te_{0.22}$ 、上部保護層( $ZnS$ )<sub>80</sub>( $SiO_2$ )<sub>20</sub>、反射層 $Al_{0.995}Ta_{0.005}$ を、各層の膜厚を様々に変えて設けた。各層の膜厚を表-3に示す。すべての薄膜はスパッタ法で真空を解除せずに作成した。反射層の成膜は到達真空度 $2 \times 10^{-4}$ Pa以下、 $Ar$ 圧0.54Pa、成膜レート1.3nm/秒で行った。その体積抵抗率は55nΩ・m、面積抵抗率は0.28Ω/□であった。酸素、窒素等の不純物はX線励起光電子分光での検出感度以下で、全部併せてもほぼ1原子%未満であると見なせる。 $(ZnS)_{80}(SiO_2)_{20}$ 保護層の膜密度は3.50g/cm<sup>3</sup>で、理論的バルク密度3.72g/cm<sup>3</sup>

( $2 \leq i \leq m$ )、 $\alpha_i = \alpha_c = \text{一定}$  ( $2 \leq i \leq m$ )としている。 $P_w$ 、 $P_b$ 、 $P_e$ は線速によらず一定とした。ここで、表-2のパルス分割方法では、全線速において、 $\Sigma \alpha_i < 0.5n$ が満たされている。DVDの標準線速の1倍速から2.5倍速程度まで良好なオーバーライト特性が得られた。本媒体は、記録領域を3~4ゾーンに分割して、ゾーン毎にわずかに記録パルスストラジヤを変更することで、CAV方式であっても、記録領域全域において良好なオーバーライト特性を示す。

【0180】

【表2】

の94%であった。また、記録層密度はバルク密度の90%であった。熱シミュレーションから見積もった保護層の熱伝導率は $3.5 \times 10^{-4}$  pJ/(μm・K・nsec)であった。

【0183】このようにして作成した媒体に、1倍速及び2倍速それぞれにおいて、図10(a)に示すパルス分割方法を、各媒体の層構成ごとに最適化して用い、記録(オーバーライト)を行った。そののち、初回、10回、1000回オーバーライト後のジッタを測定した。測定には、記録再生ともに、波長637nm、 $NA=0.63$ の光学系を用いた。表-3に、各媒体の1倍速での最適パルス分割方法、ジッタ、 $R_{top}$ 、変調度をまとめた。

【0184】

【表3】

表-3

実施例2	下部保護層 (nm)	記録層 (nm)	上部保護層 (nm)	反射層 (nm)	記録パルス $\alpha_1$	記録パルス $\alpha_c$	記録パルス $\beta_{n-1}$	Pw (mW)	Pe (mW)	Rtop (%)	変調度 (%)	初回記録 ジッタ (%)	10回 DOW後 ジッタ (%)	100回 DOW後 ジッタ (%)
(a1)	64	18	20	200	0.5	0.4	0.5	14	7	17	61	8.9	7.9	8.7
(b1)	64	18	20	200	0.5	0.4	0.5	14	7	18	60	7.1	8.3	8.8
(c1)	64	20	20	200	0.5	0.4	0.5	14	7	18	57	7.6	8.8	8.8
(d1)	64	18	30	200	0.3	0.3	0.6	13.5	6.7	15	65	8.2	9.3	10.2
(e1)	64	18	30	200	0.3	0.3	0.6	13.5	6.7	16	62	8.2	9.9	10.5
(f1)	64	20	30	200	0.3	0.3	0.6	13.5	6.7	17	60	8.2	11.1	11.6
(a2)	64	16	40	200	0.3	0.25	0.8	12	6	12	64	>13	>13	>13
(b2)	64	18	40	200	0.3	0.25	1.3	12.5	6.2	14	51	>13	>13	>13
(c2)	64	20	40	200	0.3	0.25	1.8	13.5	6.7	15	50	>13	>13	>13
(g1)	64	18	20	250	0.5	0.4	0.5	14	7	17	61	8.9	7.5	7.4
(h1)	64	18	20	250	0.5	0.4	0.8	14	7	18	61	6.9	7.8	7.9
(i1)	64	20	20	250	0.5	0.4	0.8	14	7	19	59	6.8	8.7	8.8
(j1)	64	18	30	250	0.3	0.3	0.8	13.5	6.7	14	66	7.5	8.8	9.8
(k1)	64	18	30	250	0.3	0.3	0.8	13.5	6.7	15	65	7.1	9	9.6
(l1)	64	20	30	250	0.3	0.3	0.8	13.5	6.7	16	59	7.3	10.6	11.6
(d2)	64	16	40	250	0.3	0.25	0.8	12.5	6.2	12	61	>13	>13	>13
(e2)	64	18	40	250	0.3	0.25	0.6	13.5	6.7	14	61	10.9	>13	>13
(f2)	64	20	40	250	0.3	0.25	1.3	13	6.5	15	54	>13	>13	>13
(m1)	58	18	20	200	0.5	0.4	0.5	14	7	18	61	8.6	8.2	9.1
(n1)	58	20	20	200	0.6	0.4	0.5	14	7	18	59	8.2	10.1	10.6
(o1)	58	18	20	200	0.3	0.3	0.8	12	6	16	58	8.9	11.7	13
(p1)	58	18	40	200	0.3	0.25	1.9	12.5	6.2	14	53	>13	>13	>13
(q1)	70	18	20	200	0.5	0.4	0.5	14	7	17	58	7.2	7.9	8.3
(r1)	70	18	30	200	0.5	0.4	0.5	14	7	18	60	6.7	7.8	8.3
(s1)	70	20	40	200	0.5	0.4	0.5	14	7	18	57	6.9	8.5	9
(t1)	70	23	20	200	0.5	0.35	0.5	14	7	24	58	9	9.7	10.5
(h2)	70	80	20	200	0.5	0.35	0.7	(14)	(7)	27	50	>13	>13	>13
(i2)	45	18	20	200	0.5	0.4	0.5	14	7	18	60	7.2	10.5	>13

【0185】いずれも、1倍速で、最短マーク長0.4  $\mu\text{m}$ のマーク長変調記録が行えており、大きな初期変調度が得られている。上部保護層膜厚を20nmとすると、初期ジッタ、1000回オーバーライト後のジッタ、ともに10%未満であった。上部保護層膜厚を30nmとすると、初期のジッタは良好であるが、繰返しオーバーライトによるジッタ増加が若干多く、1000回オーバーライト後は、ジッタが10~12%となった。上部保護層膜厚を40nmとすると、初期ジッタが13%以上となり、また、繰返しオーバーライトで急激に悪化して20%以上となった。さらに、記録層膜厚を30nmと厚くした実施例2(h2)は、初回記録ジッタが13%以上あり、繰返しオーバーライトによるジッタの悪化が著しかった。下部保護層膜厚を45nmとした実施例2(i2)は、繰返しオーバーライト耐久性が悪かった。また、反射層の厚みが250nmのほうが200nmよりも、いっそう良好なジッタが得られた。すなわち、このような高密度のマーク長記録においては、「超急冷構造」とするのが好ましいことがわかる。

【0186】次に、実施例2(g1)の媒体の、ジッタの記録パワーPw依存性を評価した。パルス分割方法は、図10において $m=n-1$ とし、 $Pw=14\text{mW}$ 、 $Pe/Pw=0.5$ 、 $\beta_n=0.5$ として、1倍速及び2倍速で記録した。そのうち、 $\alpha_1$ 及び $\alpha_c=\alpha_1$  ( $2 \leq i \leq m$ )に対するジッタの依存性を評価した。2倍速では $\alpha_1=0.5$ 、 $\alpha_c=0.4$ 、 $\beta_n=\beta_{n-1}=0.5$ 、 $Pw=14\text{mW}$ とし、1倍速では $\alpha_1=0.7$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_n=\beta_{n-1}=0.5$ 、 $Pw=14\text{mW}$ とした。この

とき、2倍速では、 $\Sigma \alpha_1=0.3n$  ( $n=3$ )、 $0.33n$  ( $n=4$ )、 $0.34n$  ( $n=5$ )、 $0.38n$  以下 ( $n=6 \sim 14$ )であった。1倍速では、 $\Sigma \alpha_1=0.33n$  ( $n=3$ )、 $0.33n$  ( $n=4$ )、 $0.32n$  ( $n=5$ )、 $0.32n$ 未満 ( $n=6 \sim 14$ )であった。図15にその結果を示す。初回及び10回オーバーライト後のジッタの記録パワーPw依存性、並びに、10回オーバーライト後の、反射率Rtop及び変調度Modの記録パワーPw依存性、を示した。(a)は2倍速記録、(b)は1倍速記録の場合である。なお、Rtopは、図6でのltopに相当する。また、図中、DOW(Direct Overwrite)とはオーバーライトのことを指す。次に、オーバーライト耐久性を評価した。図16にその結果を示す。ジッタ、反射率及び変調度について、それぞれオーバーライト1000回後の値を示した。(a)は2倍速記録、(b)は1倍速記録の場合である。いずれの場合も、ジッタは、10回程度までは漸増するが10回以降は安定化し、ジッタ、変調度、反射率ともに1000回までほとんど劣化しなかった。

【0187】さらに、本媒体を、線速9m/sで、基準クロック周期を14.9nsecとした以外は上記2倍速(線速7m/s)と同じパルス分割方法で、 $Pw=14\text{mW}$ としてオーバーライトを行った。消去比は30dB以上の十分な値が得られた。また、ジッタも11%未満と良好であった。実施例2(g1)の媒体については、線速3~8m/sの範囲において、 $Pw=14\text{mW}$ 、 $Pb=1\text{mW}$ 、 $Pe/Pw=0.5$ 、 $\beta_n=0.5$ で一定で、 $\alpha_1$ と $\alpha_c$ のみを変化させることで良好なジッタ



タが得られた。すなわち、線速3～5 m/sにかけては、 $\alpha_1=0.7$ 、 $\alpha_c=0.35$ 、線速5～7 m/sにかけては、 $\alpha_1=0.65$ 、 $\alpha_c=0.4$ 、線速7～8 m/sにかけては $\alpha_1=0.55$ 、 $\alpha_c=0.45$ 、というように少なくとも3段階に変化させれば、概ね9%未満の良好なジッタが得られた。より細かく、1 m/s刻みで、 $\alpha_1$ と $\alpha_c$ を変化させれば、各線速度においてより良好なジッタが得られると考えられる。なお、 $P_w=11\sim14$  mWにおいて、 $P_e/P_w$ が0.4～0.5で最良のジッタが得られた。また、 $P_b$ が1.5 mWを越え

るとジッタが急激に悪化した。ここで、 $P_e/P_w=0.5$ として $P_b$ 依存性を調べたところ、 $P_b$ が1.0 mW未満なら、ほぼ最良のジッタが得られた。すなわち、 $P_b/P_e$ は0.2未満が好ましい。  
 【0188】次に、上部保護層膜厚が20 nmの実施例2 (g1)と、40 nmの実施例2 (d2)を比較する。両媒体に対して、記録マーク長依存性を、1倍速において下記のように測定した。 $NA=0.6$ の光学系を用い、EFMプラス変調において最短マークである3 Tマークの長さを、0.5  $\mu$ mから短縮していったときの、ジッタのマーク長依存性を評価した。記録線速は3.5 m/sで一定であり、パルス分割方法も上記のもので一定とし、基準クロック周期を変化させてマーク長を変化させた。ただし、最短マーク長が0.46  $\mu$ m以上の場合は、装置上の制約から、再生速度3.5 m/sではCLV制御が困難になるため、再生速度を5 m/sとした。なお、最短マーク長0.4  $\mu$ mが、再生専用DVD規格に対応する。図17にその結果を示す。(a)は実施例2 (g1)の媒体、(b)は実施例2 (d2)の媒体である。

【0189】実施例2 (g1)の媒体は、最短マーク長0.38  $\mu$ m程度まで、ジッタが13%未満で使用可能であることがわかる。なお、 $NA=0.63$ の光学系を用いると、約2%程度のジッタ低減が可能であった。また、再生時のイコライザーを最適化するとやはり2%程度のジッタ低減が可能であった。これに加えて $NA=0.65$ の光学系を使用すれば、0.35  $\mu$ mでも十分良好なジッタが得られると考えられる。実施例2 (d2)の媒体は、マーク長0.45  $\mu$ m以上では概ね問題のないジッタが得られているが、0.45  $\mu$ m未満で急激にジッタが増加し、マーク長0.40  $\mu$ mではジッタ13%以上となり使用不可能となった。次に、いわゆるチルトマージンを評価するため、実施例2 (g1)の媒体に、EFMプラス変調されたランダムパターン信号を複数トラックにわたって記録後、基板を再生レーザー光の光軸に対して意図的に傾けて、再生時のジッタの変化を測定した。記録再生の光学系は $NA=0.6$ 、記録線

速は1倍速又は2倍速、いずれも10回オーバーライト後の再生である。図18に測定結果を示した。チルトマージンは、ラジアル方向で $\pm 0.7\sim 0.8$ 度、円周方向で $\pm 0.5\sim 0.6$ 度であり、通常のドライブにおいて問題のないレベルであった。

【0190】＜加速試験＞実施例2 (g1)の媒体の一部のトラックに、 $P_w=13$  mWとして、上記最適パルス分割方法を用い、EFMプラス変調されたランダムパターンを記録し、ジッタを測定した。そのうち、本媒体を、80℃/80%RHの高温高湿下で加速試験を行った。加速試験500時間後及び1000時間後に、本トラックのジッタを再度測定したところ、1000時間後に1%程度悪化したのみであった。また、加速試験1000時間後に、他のトラックに、上記と同一条件でランダムパターンを記録しジッタを測定したところ、2%程度の悪化が見られたが、この程度であれば実用上問題はない。また、1倍速及び2倍速で同様に記録を行い、80℃/80%RHの高温高湿下で1000時間の加速試験前後での変調度を評価した。1倍速では、初期変調度が61%、加速試験後変調度が58%であった。2倍速では、初期変調度が60%、加速試験後変調度が58%であった。

＜対再生光安定性＞実施例2 (g1)の媒体に対し、再生光を、パワーを1.2 mWまで上げて照射したが、10分程度では全く劣化しなかった。次にパワーを1.0 mWとして、再生光を100万回まで繰返し照射したが、ジッタの増加は2%未満であった。

【0191】(実施例3)記録層組成を $Ge_{0.05}Sb_{0.71}Te_{0.24}$ とした以外は実施例2と同様の層構成として、媒体を作成した。各層の膜厚及び評価結果を表-4に示す。測定には、 $NA=0.63$ の光学系を使用した。表-3と同様に、それぞれの層構成で $\alpha_1$ 、 $\alpha_c$ 、 $\beta_{n-1}$ を最適化し、かつ、 $P_w$ 、 $P_e$ もジッタが最低となるよう設定してジッタを評価した。いずれも、1倍速で、最短マーク長0.4  $\mu$ mのマーク長変調記録が行えており、大きな初期変調度が得られている。実施例3 (a)については実施例2 (a1)と同様、記録線速が1倍速と2倍速では良好な特性が得られたが、9 m/sでは実施例2 (a1)より1～2%ジッタが高めであった。また、上保護層膜厚が30 nmである実施例3 (a)～(f)では、ジッタ10%未満が得られ、100回オーバーライト後も13%未満であった。上保護層膜厚が40 nmと厚い実施例3 (g)～(i)では、ジッタは13%より大きい値しか得られなかった。

【0192】

【表4】

表-4

実施例3	下部保護層 (nm)	記録層 (nm)	上部保護層 (nm)	反射層 (nm)	記録パルス ストラテジ			Pw (mW)	Pe (mW)	Rtop (%)	変調度 (%)	初回記録 ジッタ (%)	10回 D/W後 ジッタ (%)	100回 D/W 後ジッタ (%)
					$\alpha_1$	$\alpha_c$	$\beta_{n-1}$							
(a)	64	18	20	200	0.4	0.4	0.4	14	7	17	61	8.7	9.3	9.2
(b)	64	18	20	200	0.4	0.4	0.4	14	7	18	60	8.9	9	9
(c)	64	20	20	200	0.5	0.4	0.4	14	7	18	62	7.9	8.8	9.1
(d)	64	16	30	200	0.3	0.35	0.5	11.5	5.7	15	62	8	9.3	8.7
(e)	64	18	30	200	0.3	0.35	0.6	12	6	16	62	8.4	9.6	10.6
(f)	64	20	30	200	0.3	0.35	0.6	12.5	6.2	18	59	8.1	10.4	11.1
(g)	64	18	40	200	0.3	0.25	0.9	11	5.5	12	55	>13	>13	>13
(h)	64	18	40	200	0.3	0.25	1.3	12	6	14	52	>13	>13	>13
(i)	64	20	40	200	0.3	0.25	1.3	12	6	14.5	61	>13	>13	>13

【0193】（実施例4）層構成は、下部保護層（ZnS）<sub>80</sub>（SiO<sub>2</sub>）<sub>20</sub>を膜厚215nm、記録層Ge<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.69</sub>Te<sub>0.26</sub>を18nm、上部保護層（ZnS）<sub>80</sub>（SiO<sub>2</sub>）<sub>20</sub>を18nm、反射層Al<sub>0.995</sub>Ta<sub>0.005</sub>を200nmとした。本記録層組成は、線速3～5m/sでの記録で良好な特性が得られるもので、いわゆる1倍速用である。しかし、過剰Sb量が実施例2、3よりわずかに少ないため、経時安定性に優れており、記録された情報の保存安定性や繰返し再生による劣化、すなわち再生光耐久性を重視するには好ましい。以下はNA=0.6の光学系で評価した。最適パルス分割方法の決定は以下のように行った。記録線速3.5m/sにおいて、Pw=13mW、Pe/Pw=0.5とし、図10において $\beta_n=0.5$ で一定として $\alpha_1$ 、 $\alpha_c$ を変化させて最小のジッタが得られるパルス分割方法を選んだ。図19に、10回オーバーライト後のジッタの $\alpha_1$ 及び $\alpha_c$ 依存性を、ジッターの等高線図として示す。 $\alpha_1=0.4\sim0.8$ 、 $\alpha_c=0.3\sim0.35$ とすることでほぼ最良のジッタが得られたので、それを基本とし、 $\alpha_1=0.6$ 、 $\alpha_c=0.35$ を選択した。このとき、 $\Sigma\alpha_1=0.32n$ （ $n=3$ ）、 $0.33n$ （ $n=4$ ）、 $0.3n$ （ $n=5$ ）、 $0.35n$ 未満（ $n=6\sim14$ ）であった。変調度は65%と、再生専用DVDに比べても遜色ない値であった。Rtopは23%程度であるが、実際上15%以上であれば、既存の再生専用ドライブでも再生が可能であると考えられる。そこで、本発明記録媒体にPw=12.5mW、線速3.5m/sにて画像データを記録し、市販の再生専用DVDプレーヤーで再生を試みたところ、フォーカスサーボ、トラッキングサーボ信号、ジッタは通常の再生専用DVDと同等の特性が得られた。

【0194】＜繰返しオーバーライト耐久性＞図20に、Pw=12.5mWにおける、ジッタ、Rtop、変調度の繰返しオーバーライト回数依存性を示した。1

000回以上のオーバーライト後も、十分に安定な特性を示している。

【0195】＜加速試験＞本媒体の一部のトラックに、Pw=13mWとして、上記最適パルス分割方法を用い、EFMプラス変調されたランダムパターンを記録し、ジッタを測定した。そのうち、本媒体を、80℃/80%RHの高温高湿下で加速試験を行った。加速試験500時間後及び1000時間後に、本トラックのジッタを再度測定したところ、1000時間後に0.5%未満悪化したのみであった。また、変調度は初期が65%であり、加速試験後は63%であった。また、加速試験1000時間後に、他のトラックに、上記と同一条件でランダムパターンを記録しジッタを測定したところ、1%程度の悪化が見られたが、この程度であれば実用上問題は無い。

【0196】＜対再生光安定性＞本媒体に対し、再生光を、パワーを1.3mWまで上げて照射したが、10分程度では全く劣化しなかった。次にパワーを1.0mWとして、再生光を100万回まで繰返し照射したが、ジッタの増加は1%未満であった。

【0197】（実施例5）実施例2（a1）の層構成において記録層をGe<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.75</sub>Te<sub>0.20</sub>とした。評価はNA=0.6の光学系で行った。 $\alpha_1=0.4$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_n=0.5$ 、Pw=14mW、Pe/Pw=0.5において最良のジッタが得られた。初期変調度も十分に大きかった。10回オーバーライト後のジッタは10%をぎりぎりぎり、1000回後も13%未満が維持された。

【0198】＜加速試験＞本媒体の一部のトラックに、Pw=14mWとして、上記最適パルス分割方法を用い、EFMプラス変調されたランダムパターンを記録し、ジッタを測定した。そのうち、本媒体を、80℃/80%RHの高温高湿下で加速試験を行った。加速試験500時間後に、本トラックのジッタを再度測定したと

ころ、2%程度悪化したのみであった。また、加速試験500時間後に、他のトラックに、上記と同一条件でランダムパターンを記録しジッタを測定したところ、3%程度の悪化が見られたが、この程度であれば実用上問題は無い。

【0199】＜対再生光安定性＞本媒体に対し、再生光を、パワーを1.0mWまで上げて照射したが、10分程度では全く劣化しなかった。次にパワーを1.0mWとして、再生光を100万回まで繰返し照射したが、ジッタの増加は3%未満であり、13%未満が維持され

た。  
【0200】（実施例6）実施例4の層構成において、記録層を $Ag_{0.05}Ge_{0.05}Sb_{0.67}Te_{0.23}$ とした。 $NA=0.6$ の光学系で評価した。線速度3.5m/sにおいて、ジッタのパルス分割方法依存性（ $\alpha_1$ 及び $\alpha_c$ ）を $P_w=13mW$ 、 $P_e/P_w=0.5$ 、 $m=n-1$ 、 $\beta_n=0.5$ で測定したところ、図21(a)に示す等高線図のようになった。 $\alpha_1=0.6$ 、 $\alpha_c=0.35$ がほぼ最適であった。この場合、 $\Sigma\alpha_1=0.32n$ （ $n=3$ ）、 $0.33n$ （ $n=4$ ）、 $0.33n$ （ $n=5$ ）、 $0.35n$ 未満（ $n=6\sim14$ ）であった。

【0201】図21(b)に、初回、10回、1000回オーバーライト後のジッタのパワー依存性を、図21(c)に、10回オーバーライト後の $R_{top}$ 及び変調度のパワー依存性を示した。1000回オーバーライト後まで広い記録パワーの範囲において、良好なジッタが維持され、また、 $R_{top}$ 18%、変調度60%以上が達成できた。図22には、 $P_w=13mW$ におけるジッタ、 $R_{top}$ 、変調度の10000回オーバーライト後の変化まで示した。ジッタが1%程度初期に増加する他は、全く劣化がなかった。また、実施例1と同様の方法で、ジッタの最短マーク長依存性を測定した結果を図23に示す。最短マーク長0.38 $\mu m$ でジッタは10%未満と極めて良好であった。なお、本媒体に対して、 $m=n-2$ としたパルス分割方法についても評価を行ったところ、 $\alpha_1=1.0$ 、 $\alpha_c=0.5$ 、 $\beta_n=0.5$ において図21と同様な特性が得られた。 $n=3$ で $\Sigma\alpha_1=0.48n$ 、 $n=4$ で $\Sigma\alpha_1=0.48n$ 、 $n\geq 5$ で $\Sigma\alpha_1=0.46n\sim0.47n$ であった。

【0202】（比較例2）実施例6の層構成において、記録層を $Ag_{0.05}In_{0.05}Sb_{0.63}Te_{0.27}$ とした。線速度3.5m/sにおいて、 $P_w=13mW$ 、 $P_e/P_w=0.5$ 、 $\beta_n=0.5$ として、ジッタのパルス分割方法依存性を評価したところ、図24(a)に示す等高線図が得られた。 $\alpha_1=1.0$ 、 $\alpha_c=0.5$ が最適であり、この場合、 $\Sigma\alpha_1$ は $n$ によらず0.5 $n$ で一定であった。記録パワー依存性及び1000回後までの繰返しオーバーライト特性を図24(b)、(c)に示した。初回記録のジッタ及びパワーマージンは実施例5より良好であったが、繰返しオーバーライトにより劣化

し、1000回後にはむしろ、より悪めのジッタとなった。さらに再生光パワーを1mWまであげたところ、5分程度でジッタが悪化し、十数%まで増加した。この差は0.5~1mWの記録感度差では説明がつかない。再生光劣化の主原因は50~100℃程度に温度が上昇するためであり、本発明のGe添加が非晶質マークの熱安定性改善に効果的であることがわかる。

【0203】（比較例3）層構成を、 $(ZnS)_{80}(SiO_2)_{20}$ 下部保護層を膜厚90nm、 $Ge_2Sb_2Te_5$ 記録層を21nm、 $(ZnS)_{80}(SiO_2)_{20}$ 上部保護層を23nm、 $Al_{0.995}Ta_{0.005}$ 反射層を200nmとした。記録に際しては、図10(a)に示すパルス分割方法を基本とし、各マーク長、線速において最良のジッタが得られるように微調整を行った。この媒体に対しては、図25に示すように、 $\alpha_1=\alpha_c=\alpha_0=0.3\sim0.4$ で一定で、 $\beta_n=1.0$ としたストラテジーで概ね最良のジッタが得られた。また、 $P_w=13mW$ 、 $P_e/P_w=0.4$ （ $P_e=5mW$ ）、 $P_b=2.0mW$ が最適記録パワーであり、 $P_b/P_e=0.4$ と高めになっているが、これは、本比較例の記録層では図9におけるTLをある程度高めに維持する必要があるためである。 $P_b$ が1mW未満でもジッタは悪いが、 $P_b$ が3mW以上でもやはりジッタは悪化した。このパルス分割方法をベースとし、さらに、マーク長に応じて $\alpha_0$ に対して0.02程度の精密なパルス幅調整まで行い、実施例2と同様に、マーク長依存性を測定した。結果を図26(a)に示す。また、オーバーライト時の線速依存性を測定した。結果を図26(b)に示す。線速依存性は、線速に応じて基準クロック周期を変更し、最短マーク長が0.4 $\mu m$ になるようにし、再生は常に3.5m/sで行った。また、線速依存性については、10回オーバーライト後のジッタと、その後DC消去した後に1回オーバーライト記録を行った場合のジッタとを載せた。図26(a)に示すとおり、最短マーク長0.4 $\mu m$ でジッタ10%であり、より短くなると急激にジッタが悪化した。また、図26(b)に示すとおり、記録線速5m/s以上でジッタが悪化している。しかし、一旦DC消去した後の記録ではジッタが2~3%以上低下している。このことから、いわゆる結晶状態と非晶質状態の吸収率差による温度上昇の不均一により、消去不良もしくは非晶質マークの形状の歪みが生じ、ジッタが悪化していると考えられる。

【0204】なお、線速7m/sでオーバーライト後のジッタは20%以上であったが、DC消去後の記録では15%程度になった。従って、高線速時におけるジッタが高くなるのは、適切なパルス分割方法が選択されていなかったからではないと考えられる。本記録層は、もともと、粗大グレインがあるためジッタが高いが、それに加えて、線速5m/s以上では、オーバーライト時に以前のマークの消去が不十分になり、DC消去後記録との

ジッタとの差として、その影響が明確に現れる。なお、前述の実施例2 (g1) の媒体に7 m/s でオーバーライトした場合と、DC消去後記録した場合の、ジッタの差は0.5%未満であった。Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>のようなGeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>擬似二元合金記録層を用いた記録媒体の場合、保護層/記録層/保護層/反射層からなる4層構成では、5~6 m/s 以上の高線速では、上記のようにDC消去後記録は問題ないがオーバーライト時にはジッタが悪化する。このため、ジッタ低減のために、さらに光吸収層などを追加して吸収率補正をするなどの対応が必要である。

【0205】(比較例4) 実施例2 (g1) において記録層をGe<sub>0.15</sub>Sb<sub>0.64</sub>Te<sub>0.21</sub>とした。初期結晶化が非常に困難で、複数回初期化ビームを照射してようやく初期化し、オーバーライトしてジッタを測定したが、パルス分割方法を図10の範囲内でどのように変更しても13%以下のジッタは得られなかった。また、繰返しオーバーライトしていくと、10回から100回までの間でジッタが数%増加した。

【0206】(比較例5) 実施例2 (g1) の層構成において、記録層をGe<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.80</sub>Te<sub>0.15</sub>とした。7 m/s において $\alpha_1=0.4$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_n=0.5$ 、 $P_w=14$  mW、 $P_e/P_w=0.5$ でほぼ最良のジッタが得られたが、ジッタは10回オーバーライト後で11%をぎりぎりきる程度であり、1000回後には13%以上となってしまった。

【0207】<加速試験>本媒体の一部のトラックに、 $P_w=14$  mWとして、上記最適パルス分割方法を用い、EFMプラス変調されたランダムパターンを記録し、ジッタを測定した。そののち、本媒体を、80℃/80%RHの高温高湿下で加速試験を行った。加速試験500時間後に、本トラックのジッタを再度測定したところ、3%程度悪化し、13%以上となった。また、加速試験500時間後に、他のトラックに、上記と同一条件でランダムパターンを記録しジッタを測定したところ、5%程度の悪化が見られ、劣化が早かった。

【0208】<対再生光安定性>本媒体に対し、再生光を、パワーを1.0 mWまで上げて照射したところ、10分後にジッタが3%増加し、非常に不安定であった。また、変調度が低下しマークが消える傾向があった。

【0209】(実施例7) 実施例2 (a1) の媒体に対して、1倍速(線速度3.5 m/s、基準クロック周期

$T=38.2$  nsec) から2.25倍速(7.9 m/s、 $T=17$  nsec) において、 $\alpha_1 T=\tau_1=19$  nsec、 $\alpha_c T=\tau_c=11$  nsecですべての線速において一定とし、Tのみを線速に反比例させてEFMプラス信号を記録した。また、 $\alpha_1+\beta_{1-1}=1.0$ で一定となる $\beta_1$ を決定した。なお、最終のオフパルス区間 $\beta_n$ のみを、線速が遅いほど長くなるよう変化させた。このようなパルス分割方法では、図11のゲート発生のタイミングの説明図において、基準クロック周期Tに同期させて(一定の遅延を付加することはありうる)、 $\tau_1=19$  nsecの固定長パルス一個(Gate1)と $\tau_c=11$  nsecの固定長パルスを $n-2$ 個(Gate2)発生させれば良く、さらに最終オフパルス長を決めるGate3のみ線速に応じて変化させれば良く、パルス発生回路を簡略化でき好ましい。さらに本実施例においては、記録パワー $P_w=13.5$  mW、 $P_e=5$  mW、 $P_b=0.5$  mWで一定としているため、パルス発生回路は極めて簡便化できる。ここで、線速が5 m/s 以下では、 $\Sigma \alpha_i < 0.47$  nが満足されているため、熱ダメージは十分抑制されている。表-5に、各線速において $\beta_n$ を変化させた場合の、ジッタの値をまとめた。表中 $v$ は基準速度3.5 m/sを表す。ピックアップの波長は637 nm、NA=0.63である。ジッタの値自体は実施例2のように、パルス分割方法をより柔軟に可変とした場合に比べ、若干悪い値となるが、ほぼ10%未満の値が、1倍速から2.25倍速まで得られている。ここで、2倍速で $\beta_n^L=0.3$ 、1倍速で $\beta_n^L=0.6$ (四角で囲まれた点)として、 $\beta_n$ を線速に反比例させて変化させれば、1倍速から2倍速の各線速で10%未満のジッタが得られることがわかる。さらに、本実施例においては、 $\beta_n$ のマージンは少ないものの $\beta_n=0.2$ として一定にしても、1倍速から2.25倍速まで10%未満のジッタが得られる。このようにして、線速によって可変できるパルス発生回路を簡易化できる。また、あらかじめ記録媒体上に、凹凸ピットもしくは変調された溝蛇行信号により、 $P_b$ 、 $P_e/P_w$ 、 $P_w$ 、 $\tau_0$ 、 $\tau_c$ 、( $\beta_n^L$ 、 $\beta_n^H$ )を記載すれば最適な記録条件がオーバーライト時の線速度に応じて自動的に決定できる。

【0210】

【表5】

表-5

$\beta_m$	ジッタ (%)			
	2. 25倍速	2. 0倍速	1. 5倍速	1倍速
0	10. 2	11. 9	14. 8	18. 4
0. 1	9. 7	10. 6	11. 4	12. 5
0. 2	9. 8	8. 9	9. 0	10. 0
0. 3	11. 2	9. 5	8. 4	8. 9
0. 4	12. 5	10. 3	8. 2	8. 7
0. 5	13. 7	11. 1	8. 3	8. 7
0. 6	>13	>13	8. 7	8. 7
0. 7	>13	>13	>13	9. 5

20

【0211】（実施例8）層構成を、下部保護層（ZnS）<sub>80</sub>（SiO<sub>2</sub>）<sub>20</sub>を膜厚215nm、記録層Ge<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.69</sub>Te<sub>0.26</sub>を19nm、上部保護層（ZnS）<sub>80</sub>（SiO<sub>2</sub>）<sub>20</sub>を20nm、反射層Al<sub>0.995</sub>Ta<sub>0.005</sub>を200nmとした。線速3.5m/sで、パルス分割方法を $\alpha_1=0.5$ 、 $\alpha_c=0.35$ 、 $\beta_m=0.5$ 、 $P_w=11$ mW、 $P_e=6.0$ mW、 $P_b=0.5$ mWとし、基準クロック周期Tを変化させて最短マーク長（3Tマーク長）を0.4 $\mu$ mから0.25 $\mu$ mまで変化させて記録を行った。3Tマークのマーク長が0.4 $\mu$ mのときのT=38.2nsec、0.2 $\mu$ mのときのT=19.1nsecである。記録レーザー波長は637nm、NA=0.63である。この集束レーザー光はガウシアン分布を有しているために、中心部の高温部分だけを利用して、光学的分解能以上に高密度に記録することが可能である。記録部分を波長432nm、NA=0.6、パワー0.5mWである青色レーザー光で再生した。このレーザー光は波長約860nmのレーザー光から非線形光学効果により発生されたものである。この層構成では、432nmにおいても変調度50%以上という大きな変調度が得られた。さらに、図28に、記録に用いた637nm、NA=0.63の光学系で再生した場合と、432nm、NA=0.6の光学系で再生した場合のジッタを、最短マーク長依存性として示した。測定においてはイコライザーの設定値を各測定点において可能な限り最適化している。この記録媒体では、青色レーザー光再生では、最短マーク長0.3 $\mu$ mでも13%未満の良好なジッタが得られていることがわかる。

【0212】（比較例6）実施例2（a1）の層構成に

30

において、記録層をGe<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.64</sub>Te<sub>0.31</sub>とした。波長637nm、NA=0.63の光学系で記録評価を行った。線速3.5m/sにおいて、 $m=n-1$ 、 $\alpha_1=0.4$ 、 $\alpha_c=0.4$ 、 $\beta_m=0.4$ 、 $P_b=0.5$ mW、 $P_e=4.5$ mWで一定として、 $P_w$ のみを変化させて10回目までオーバーライト記録を行った。このときのジッタの記録パワー依存性を図27（a）に示す。図中、1writeとは未記録ディスクの初回記録を、1DOWとは1回目のオーバーライトを、10DOWとは10回目のオーバーライトを指す。次に、 $P_w=8.5$ mWで一定として、 $P_e$ のみを変化させて10回めまでオーバーライト記録を行った。このときのジッタの消去パワー依存性を図27（b）に示す。いずれの場合も、初回記録（1write）では良好なジッタ得られるが1回でもオーバーライトするとジッタは急激に悪化した。本比較例における記録層組成は、図3において直線AよりTeリッチな組成であり、結晶化速度が遅いため十分な消去比が得られず、よって十分なオーバーライト特性が得られなかったと考えられる。

40

【0213】（実施例9及び比較例7）実施例2（a1）の層構成において、表-6に示すように記録層組成を変化させた。Ge<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.73</sub>Te<sub>0.22</sub>ターゲットとGeとをコスパッタすることによりGe量を変化させたものである。波長637nm、NA=0.63の光学系を用い、 $m=n-1$ 、 $P_b=0.5$ mW、 $\beta_m=0.5$ として、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_c$ 、 $P_w$ 、 $P_e$ を変化させて10回オーバーライト後のジッタが最小となる条件を探した。各記録層組成で得られた最小ジッタは表-6のようであった。Ge添加量が増えるにつれジッタが増加し、Geが10原子%以上だと、2倍速でのジッタが14%と非常

50

に高くなってしまった。なお、本媒体を80℃80%RHの条件下、加速試験を行ったところ、実施例9(a)に比べて実施例9(b)、(c)が若干、良好であった。すなわち、加速試験2000時間後に、加速試験前に記録した信号を読み出したところ、実施例9(a)～(c)のいずれの場合においても、ジッタは1%程度悪化しているのみであった。また、実施例9(a)～

(c)の初期変調度は61～63%であり、2000時間の加速試験後も58～59%の変調度が得られた。反射率もほとんど全く変化していなかった。特に、実施例9(b)、(c)では0.5%以内の増加であった。

【0214】

【表6】

表-6

	記録線速 (m/s)	$\alpha_1$	$\alpha_c$	Pw	Pe	最小 ジッタ (%)
実施例9(a)	3.5	0.7	0.35	13.5	6.0	6.0
Ge <sub>0.05</sub> Sb <sub>0.73</sub> Te <sub>0.22</sub>	7.0	0.5	0.4	13.5	7.0	8.1
実施例9(b)	3.5	0.6	0.35	13.5	6.5	6.2
Ge <sub>0.067</sub> Sb <sub>0.717</sub> Te <sub>0.216</sub>	7.0	0.4	0.4	13.0	6.5	8.2
実施例9(c)	3.5	0.4	0.3	13.5	6.5	6.6
Ge <sub>0.038</sub> Sb <sub>0.688</sub> Te <sub>0.209</sub>	7.0	0.3	0.3	14.0	6.5	8.9
比較例7	3.5	0.4	0.3	13.0	6.5	8.1
Ge <sub>0.115</sub> Sb <sub>0.68</sub> Te <sub>0.205</sub>	7.0	0.3	0.3	14.0	8.5	14.1

【0215】次に、Ge<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.73</sub>Te<sub>0.22</sub> ターゲットとTaとをコスパッタすることにより、Taを添加した。その結果、GeSbTeに対してTaを1～2原子%添加したときに、最良のジッタが得られた。

【0216】(実施例10及び比較例8)実施例2(g1)の層構成において、記録層をInを添加したGeSbTeとした。InはGeSbTeターゲットにInSbTeをコスパッタして添加したものである。各記録層組成は、実施例10(a)がGe<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.74</sub>Te<sub>0.21</sub>、実施例10(b)がIn<sub>0.023</sub>Ge<sub>0.048</sub>Sb<sub>0.719</sub>Te<sub>0.21</sub>、実施例10(c)がIn<sub>0.053</sub>Ge<sub>0.044</sub>Sb<sub>0.688</sub>Te<sub>0.215</sub>、比較例8がIn<sub>0.118</sub>Ge<sub>0.041</sub>Sb<sub>0.617</sub>Te<sub>0.224</sub>である。それぞれの媒体のジッタのパワー依存性を評価した結果を図29(a)

(b)(c)(d)に示した。上段は記録線速3.5m/sの場合、下段は同7.0m/sの場合である。用いた光学系はいずれも637nm、NA=.63である。

線速3.5m/sの場合は $\alpha_1=0.6$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_s=0.5$ とし、7.0m/sの場合は $\alpha_1=0.4$ 、 $\alpha_c=0.4$ 、 $\beta_s=0.5$ とした。Pb=0.5mWで一定とした。Peは2通りの値で一定とし、Pwのみ変化させてジッタのPw依存性を測定した。In量が2～5原子%程度の添加でPwマージンが大幅に改善された。しかし、10原子%を越すと、添加しない場合よりかえってジッタが悪化した。また、オーバーライト1000回後のジッタは、実施例10(a)～(c)では両線速ともに10原子%未満であったが、比較例8では両線速ともに13%より高くなった。

【0217】<加速試験>実施例10(b)の媒体について、80℃/80%RHの環境下で加速試験を行った。2000時間まで加速試験を実施した。加速試験前に記録した信号のジッタの悪化は1%程度に過ぎなかった。また、初期変調度は61%であり、2000時間の加速試験後も57%の変調度が得られた。反射率もほとんど全く変化していなかった。2000時間後に未記録部に新たに記録を行った場合のジッタの悪化は3%程度であったが、実用上全く支障の無いレベルである。

【0218】(実施例11)実施例2(g1)の層構成において、記録層をIn<sub>0.03</sub>Ge<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.71</sub>Te<sub>0.21</sub>としたディスクを、表-7の溝形状を有するポリカーボネート樹脂基板上に成膜した。いずれも溝ピッチは0.74μmである。

【0219】

【表7】

表 7

	グループ深さ (nm)	グループ幅 ( $\mu\text{m}$ )
実施例11 (a)	27	0.27
(b)	27	0.33
(c)	27	0.42
(d)	35	0.27
(e)	35	0.33
(f)	35	0.42
(g)	35	0.23
(h)	42	0.27
(i)	42	0.33
(j)	42	0.42
(k)	18	0.27

【0220】ウォブルの変調方式としては、搬送波の周期 $T_w$ が基準データクロック周期 $T=38.2$ ナノ秒の32倍である、2値位相変調とした。ここで位相変調ウォブルとは、図30に示すように、デジタルデータ信号の0又は1に対応して、ウォブル波の位相を $\pi$ だけ、ずらすものである。すなわち、周波数 $f_c=1/T_w=1/(32T)$ の無変調搬送波(余弦波もしくは正弦波)が、アドレス用のデジタルデータの0から1、あるいは1から0の切り替えで、ちょうど位相 $\pi$ だけずれる。デジタルデータ0、1の切り替え周期 $T_d$ は $T_w$ より低周波で、 $T_d$ は $T_w$ の整数分の1になっているので、位相が $\pi$ シフトしても、ウォブル波形は連続的に変化している。本変調方法の好ましい点は、ATIP (Absolute Time in Pregroove) に用いられる周波数(FM)変調と異なり、蛇行周波数が一定であり、かつ周期が $32T$ という高周波で変調しているために、ウォブルのクロックを参照してディスクの回転同期を確立するとともに、ウォブルのクロックに同期して直接データクロックを生成できることである。このようにデジタルデータの変調で位相

を変化させるには、例えば図31にあるような、リング変調器を用いる。デジタルデータは、0、1に対応して正負の電圧 $\pm V$ を印可する。スタンパ原盤作成時に、フォトリソスト露光用のレーザー光を、 $\pm V_w$ の電圧間で2値位相変調されたウォブル波形に従って半径方向に蛇行させつつ露光する。このとき、リング変調機出力波をEO変調器に印可することで、露光用ビームを蛇行させることができる。

【0221】以下、少し詳細に説明する。図の、無変調搬送波入力端子に周期 $\cos(2\pi f_c t)$ なる信号 $V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ が入力されると、入力トランスの出力には $V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ と $-V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ の二つの搬送波信号が現れる。デジタルデータ入力为正(+V)であれば、 $D_1$ 、 $D_1'$ が導通し、搬送波 $V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ はそのまま $D_1$ を通過し変調は出力端子に現れる。 $-V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ の搬送波は $D_1'$ を経た後、出力側のトランスにより反転されて $V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ となり、 $D_1$ 通過の出力と加え合わされて $V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ の出力を得る。もし、デジタルデータ入力を負(-V)、すなわち $D_2$ 、 $D_2'$ が導通になると、 $V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ の信号はダイオード $D_2$ を介して出力側トランスの下側に導かれるので、変調は出力端子では、これが反転して $-V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ となる。

【0222】一方、入力側トランスの出力で $-V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ であった搬送波はダイオード $D_2'$ を介して出力側トランスの同相入力に加わるため、そのままの極性で $(-V_w \cdot \cos(2\pi f_c t))$ のまま変調波出力端子に現れる。従って、ダイオード $D_2$ 並びに $D_2'$ の経路を通った搬送波は $-V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ となって合成され、変調は出力端子に現れる。リング変調器の場合には、デジタルデータ入力为正か負かによって出力端子に $V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ か $-V_w \cdot \cos(2\pi f_c t)$ を出力することになる。このようにして変調されたウォブル波形が、EO変調器に入力され、露光用ビームを蛇行させることができる。本実施例ではウォブル振幅はすべて60nm (peak-to-peak値)とした。溝内のみ記録を行う媒体の場合、記録再生光波長 $\lambda=637$ nm、基板の屈折率 $n=1.56$ に対して、溝深さの好ましい範囲は、下限が $\lambda/(20n)=20.5$ nm、上限は $\lambda/(10n)=40.8$ nmである。本媒体の評価には、波長637nm、NA=0.63の光学系を用いた。

【0223】実施例2と同じく、 $m=n-1$ 、 $\alpha_i+\beta_{i-1}=1.0$  ( $2 \leq i \leq m$ )、 $\alpha_i=\alpha_c$ 一定 ( $2 \leq i \leq m$ )とした記録パルス分割方法で、線速3.5m/sにおいては、 $\alpha_i=0.5$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_m=0.5$ 、 $P_w=13$ mW、 $P_e=6$ mWとし、線速7m/sにおいては、 $\alpha_i=0.4$ 、 $\alpha_c=0.35$ 、 $\beta_m=0.5$ 、 $P_w=14$ mW、 $P_e=7$ mWとした。まず、溝内



に線速3.5m/sにおいて記録を行い、Rtop及び変調度を測定した。また、3.5m/s及び7m/sで記録信号のジッタを測定した。結果を表-8に示す。

【0224】

【表8】

表 - 8

	ジッタ (%) 3.5m/s	ジッタ (%) 7m/s
実施例11 (a)	6.49	7.80
(b)	5.97	7.62
(c)	5.52	7.35
(d)	7.26	8.42
(e)	6.85	8.39
(f)	8.05	7.84
(g)	7.70	8.90
(h)	9.14	10.49
(i)	7.66	10.01
(j)	6.59	9.01
(k)	測定不可	

【0225】まず、実施例11(k)は、深さ18nmと非常に浅い溝を有するが、プッシュプル信号がほとんど検出できず、トラッキングサーボをかけることができなかった。また、このような浅い溝を均一に形成することは、スタンプ作成上も非常に難しく、實際上、トラッキングサーボ信号に非常に大きなむらが観測された。図32(a)(b)に変調度とRtopの溝形状依存性を示した。実施例11(h)~(j)は、深さ42nmの溝を有するが、深さ27nmの場合に比べて反射率が大幅に低下し、5%以上低くなって好ましくない。変調度は、特に溝が細い場合に低下し、幅0.23μmでは、深さ35nmでも、変調度低下が著しかった。なお、本実施例は層構成は同じとしたが、もし、深さ42nmの場合に、反射率低下を補うために、反射率の高い層構成

にすると、変調度低下は一層顕著になる。すなわち、深さ42nmの溝は、溝内用記録には適さない。溝深さ40nm以上では、溝幅が0.3μm未満のときに、ウォブル信号が記録データ信号へ著しく漏れ込む。溝幅が0.3μm以上のときに比べ、線速3.5m/sではジッタが1~2%以上悪化し、線速7m/sでは2~3%も悪化する。

【0226】(実施例12)層構成を、下部保護層(ZnS)<sub>80</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>20</sub>を膜厚65nm、記録層Ge<sub>0.05</sub>Sb<sub>0.73</sub>Te<sub>0.22</sub>を16nm、上部保護層(ZnS)<sub>80</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>20</sub>を20nm、第1反射層Al<sub>0.995</sub>Ta<sub>0.005</sub>を膜厚40nm、第2反射層Agを膜厚70nmとした。下部保護層から第1反射層までは真空を解除することなくスパッタ法で作成し、第1反射層を成膜後大気解放し数分放置後、再び真空にてスパッタ法により第2反射層を成膜した。第2反射層成膜後、スピコート法により紫外線硬化樹脂を、オーバーコート層として4μm積層した。出来たディスクは2枚をオーバーコート層が向かい合うように貼り合わせた。第1反射層の成膜は到達真空度4×10<sup>-4</sup>Pa以下、Ar圧0.55Paで行った。体積抵抗率は55nΩ・mであった。酸素、窒素等の不純物はX線励起光電子分光での検出感度以下で、全部併せてもほぼ1原子%未満であると見なせた。第2反射層の成膜は到達真空度4×10<sup>-4</sup>Pa以下、Ar圧0.35Paで行った。体積抵抗率は32nΩ・mであった。酸素、窒素等の不純物はX線励起光電子分光での検出感度以下で、全部併せてもほぼ1原子%未満であると見なせた。波長637nm、NA0.60の光学系を使用して、線速3.5m/s、α<sub>1</sub>=0.

4、α<sub>c</sub>=0.35、β<sub>s</sub>=0.5なるパルス分割方法を用いて10回オーバーライト後のジッタを測定したところ、Pw=11mW、Pe=6.0mW、Pb=0.5mWで最小ジッタ6.5%を得た。この媒体を、80℃、80%RHの高温高湿下に500時間放置した後、同様に記録を行ったところ全く劣化がみられなかった。

【0227】(実施例13)溝ピッチ0.74μm、溝幅0.3μm、溝深さ40nmの、ウォブルを有する螺旋状の溝を形成したスタンプを作成し、これをもとに、直径120mm、厚さ0.6mmのポリカーボネート樹脂基板を射出成形によって形成した。表-9に示すように、半径22.5mmから58.5mmまでの36mmを記録領域とし、記録領域を255バンド(ゾーン)に分割した。各バンドには191トラックが含まれる。各バンドの終端がちょうど191トラック目になるようにバンド幅を設定しているため、各バンド幅は正確に36/255とはなっていない。このため、記録領域の最外終端は58.54mmである。チャネルビット長は0.133μmとし、線速3.49m/sにおいて基準クロック26.16MHz(T=38.23nsec)が得られる。ウォブルの周期は各バンドの中心半径において

チャンネルビット長の9倍となるように設定した。その物理的な周期は $1.2\mu\text{m}$ である。各バンドの中心半径におけるチャンネルビット長総数、及びウォブルの総数をまず計算し、同一バンド内では1周あたりに含まれるチャンネルビット数、あるいはウォブルの数が一定となるようにする。

【0228】表-9に示すように、バンド始末端で、 $\pm 1\%$ の精度で、チャンネルビット数あるいはウォブルの数が一定である。すなわち、ZCAV方式でCLV方式と変わらない線密度一定の記録ができ、再生専用DVDの規格を十分満足する。以上の前提から、各バンド中心半径において $3.49\text{m/s}$ の線速度が得られるようにディスクを回転させたときに、ウォブル周期は、ちょうどDVDデータの基準クロック周期 $T=38.23\text{ns}$ の9倍となる。この媒体を、表-9の最内周バンドのバンド中心半径において線速度が $3.49\text{m/s}$ になるように回転させ、ZCAV方式の媒体として使用する。CAV回転中の各バンドのウォブルから再生される搬送

波の周期を $1/9$ 倍して、各バンドにおけるデータ基準クロック $T_q$ を生成させ、該クロックに基づいてEFMプラス変調されたデータの記録を行う。再生するときには、以下のように、記録されたデータから生成されるデータ基準クロック周波数が $26.16\text{MHz}$ となるように回転同期を達成すれば、各ゾーンでのチャンネルビット長のばらつきは $\pm 1\%$ 未満となり、実質的にCLVモードでの再生を支障なく行うことができる。

【0229】すなわち、上記基準クロック $26.16\text{MHz}$  ( $T=38.23\text{ns}$ )を水晶発振器により発生させ、この位相と、記録されたデータから生成されるデータ基準クロックと位相とを比較し、両者が同期するよう、通常のPLL (PhaseLocked Loop) 制御方式により回転速度を微調整する。このようなPLL制御による回転制御は、現在DVD-ROMの再生で行われており、その方式をそのまま適用できる点で有用である。

【0230】

【表9】

表-8

Band	半径 (mm)		ルf 中心 の半径	バンド中心 の円周長 (mm)	ルf 中心 での総計 ビット数	バンド始端とバンド中心での チャンネルビット長の差		バンド終端とバンド中心での チャンネルビット長の差		ルf 終 端のド ラNo.	各バンド の周波数
	ルf 始端	ルf 終端				始端ビット 長 (nm)	誤差 (%)	終端ビット 長 (nm)	誤差 (%)		
0	22.5000	22.6413	22.57087	141.8157	1063530	132.9258	-0.4085	133.7618	0.4285	180	2.8067
1	22.6413	22.7827	22.71201	142.70377	1070010	132.9518	-0.3815	133.7818	0.4484	381	2.8249
2	22.7827	22.9240	22.85395	143.59183	1077300	132.9765	-0.4588	133.7008	0.3875	572	2.8431
3	22.9240	23.0654	22.99469	144.4799	1083780	132.9014	-0.4319	133.7208	0.3244	763	2.8613
4	23.0654	23.2067	23.13603	145.36708	1090260	132.926	-0.4073	133.7406	0.4073	954	2.8795
5	23.2067	23.3480	23.27737	146.25603	1096740	132.9504	-0.3829	133.7601	0.4268	1145	2.8977
6	23.3480	23.4894	23.41871	147.14409	1103220	132.9744	-0.3589	133.7794	0.4461	1336	3.0159
7	23.4894	23.6307	23.56005	148.03219	1109700	132.9012	-0.4321	133.7009	0.3676	1527	3.0341
8	23.6307	23.7721	23.70139	148.92023	1116180	132.9253	-0.4080	133.7203	0.3870	1718	3.0523
9	23.7721	23.9134	23.84273	149.80829	1122660	132.949	-0.3843	133.7395	0.4062	1909	3.0705
10	23.9134	24.0547	23.98407	150.69638	1129140	132.9725	-0.3608	133.7585	0.4252	2100	3.0887
↑											
100	36.6340	36.7753	36.70467	230.62224	1729350	133.101	-0.2323	133.6145	0.2812	19290	4.7269
101	36.7753	36.9167	36.84601	231.51031	1735840	133.0536	-0.2787	133.565	0.2317	19481	4.7451
102	36.9167	37.0580	36.98735	232.39837	1742320	133.0685	-0.2646	133.578	0.2447	19672	4.7633
103	37.0580	37.1994	37.12869	233.28644	1748800	133.0832	-0.2501	133.5908	0.2575	19863	4.7815
104	37.1994	37.3407	37.27003	234.1745	1755280	133.0978	-0.2355	133.6036	0.2703	20054	4.7997
105	37.3407	37.4820	37.41137	235.06257	1761760	133.0512	-0.2821	133.5548	0.2215	20245	4.8179
106	37.4820	37.6234	37.55271	235.95064	1768240	133.0659	-0.2574	133.5676	0.2343	20436	4.8361
107	37.6234	37.7647	37.69405	236.8387	1774720	133.0804	-0.2529	133.5803	0.2470	20627	4.8543
108	37.7647	37.9061	37.83539	237.72677	1781200	133.0843	-0.2385	133.5929	0.2596	20818	4.8725
109	37.9061	38.0474	37.97673	238.61483	1787680	133.0991	-0.2242	133.6054	0.2721	21009	4.8907
110	38.0474	38.1887	38.11807	239.5029	1794160	133.0633	-0.2700	133.5576	0.2243	21200	4.9089
↑											

【0231】

46 【表10】

75

76

表-8 (つづき)

200	50.7880	50.9093	50.8387	319.4278	2355980	133.1333	-0.2000	-0.150%	133.504	0.1707	0.128%	38390	6.547
201	50.8093	51.0507	50.9801	320.3185	2402460	133.1439	-0.1894	-0.142%	133.5135	0.1802	0.135%	38581	6.5652
202	51.0507	51.1820	51.12135	321.20482	2408940	133.1544	-0.1789	-0.134%	133.528	0.1887	0.142%	38772	6.5834
203	51.1820	51.3334	51.28269	322.08288	2415420	133.1648	-0.1685	-0.126%	133.5325	0.1982	0.149%	38963	6.6016
204	51.3334	51.4747	51.40403	322.98105	2422710	133.1907	-0.2026	-0.152%	133.4872	0.1639	0.123%	39154	6.6198
205	51.4747	51.6160	51.54537	323.86811	2429180	133.1411	-0.1922	-0.144%	133.5037	0.1734	0.130%	39345	6.636
206	51.6160	51.7574	51.68671	324.76718	2435870	133.1515	-0.1818	-0.136%	133.5181	0.1828	0.137%	39536	6.6563
207	51.7574	51.8987	51.82805	325.64524	2442150	133.1618	-0.1715	-0.129%	133.5255	0.1922	0.144%	39727	6.6745
208	51.8987	52.0401	51.96839	326.53331	2448630	133.1721	-0.1612	-0.121%	133.5348	0.2015	0.151%	39918	6.6927
209	52.0401	52.1814	52.11073	327.42137	2455920	133.1384	-0.1949	-0.146%	133.5	0.1887	0.125%	40109	6.7108
210	52.1814	52.3227	52.25207	328.30844	2462400	133.1487	-0.1846	-0.138%	133.5094	0.1761	0.132%	40300	6.7291
245	57.1283	57.2696	57.19897	359.39173	2685580	133.1566	-0.1767	-0.132%	133.4861	0.1528	0.115%	46985	7.8681
246	57.2696	57.4110	57.34031	360.27879	2702160	133.166	-0.1673	-0.125%	133.4946	0.1613	0.121%	47176	7.8843
247	57.4110	57.5523	57.48165	361.1786	2706540	133.1763	-0.1580	-0.119%	133.5031	0.1695	0.127%	47367	7.9025
248	57.5523	57.6937	57.62298	362.05592	2715120	133.1845	-0.1488	-0.112%	133.5116	0.1783	0.134%	47558	7.9207
249	57.6937	57.8350	57.76433	362.94398	2722410	133.1541	-0.1792	-0.134%	133.4803	0.1470	0.110%	47749	7.9389
250	57.8350	57.9763	57.90567	363.83205	2728890	133.1633	-0.1700	-0.127%	133.4887	0.1554	0.117%	47940	7.9571
251	57.9763	58.1177	58.04701	364.72012	2735370	133.1725	-0.1608	-0.121%	133.4972	0.1639	0.123%	48131	7.9753
252	58.1177	58.2590	58.18835	365.60819	2741850	133.1817	-0.1516	-0.114%	133.5056	0.1723	0.129%	48322	7.9935
253	58.2590	58.4004	58.32969	366.49625	2748320	133.1908	-0.1425	-0.107%	133.5139	0.1806	0.135%	48513	7.5117
254	58.4004	58.5417	58.47103	367.38432	2755800	133.1607	-0.1725	-0.129%	133.483	0.1487	0.112%	48704	7.5299

【0232】(実施例14) 実施例2(a1)の層構成において、反射層を $\text{Al}_{0.975}\text{Ta}_{0.025}$ とした。体積抵抗率は $220\text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ であった。膜厚 $200\text{ nm}$ から $400\text{ nm}$ まで変えて複数のサンプルを作成し、表-3の測定と同様に、それぞれに図10(a)の中で最適なパルス分割方法を用いて、ジッタ測定を行った。膜厚 $300\text{ nm}$ 前後で $12\%$ という最良のジッタを得た。それより反射層を厚くしても、薄くしてもさらに悪いジッタしか得られなかった。

【0233】(実施例15) 実施例11(a)の層構成において、上部保護層の膜厚を $23\text{ nm}$ とした。本媒体

に、溝内記録を行った。波長 $405\text{ nm}$ 、 $\text{NA}=0.65$ の光学系を用い、ほぼ円形でスポット径が約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ (ガウシアンビームの $1/e^2$ 強度における径)のビームを生成し、 $0.6\text{ mm}$ 厚の基板を介して記録再生を行った。線速度 $4.86\text{ m/s}$ で、最短マーク(3Tマーク)の長さを $0.25\text{ }\mu\text{m}$ としたEFMプラス変調信号を記録した。実施例2と同様の記録パルス分割方法で、 $m=n-1$ 、 $\alpha_1=0.5$ 、 $\alpha_c=0.38$ 、 $\beta_s=0.67$ とし、 $P_w=9.5\text{ mW}$ 、 $P_b=0.5\text{ mW}$ 、 $P_e=4.0\text{ mW}$ にて10回オーバーライトを行ったところ、ジッタは $10\%$ であった。青色レーザーでの記録

再生では、実施例7の場合に比べても、より高品質の記録が可能であることがわかった。また、現行の赤色レーザーに合わせて設計された媒体でも、そのまま青色レーザーで記録再生して高密度化を図ることができる。

【0234】(実施例16) 実施例2(a1)の層構成において、記録層を $\text{Ga}_{0.05}\text{Ge}_{0.05}\text{Sb}_{0.68}\text{Te}_{0.22}$ とした媒体を用意した。初期化も実施例2(a1)と同様に行った。測定には、波長637nm、 $\text{NA}=0.63$ の光学系を用いた。最短マーク3Tの長さを $0.4\mu\text{m}$ としたEFMプラス変調信号を、線速度 $3.5\text{m/s}$ で行った。実施例2と同様の記録パルス戦略で $m=n-1$ 、 $\alpha_i+\beta_{i-1}=1.0$  ( $2\leq i\leq m$ )、 $\alpha_i=\alpha_c=\text{一定}$  ( $2\leq i\leq m$ ) とし、 $\alpha_1=0.5$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_n=0.5$ とし、 $P_w=13.5\text{mW}$ 、 $P_e=6.0\text{mW}$ 、 $P_b=0.5\text{mW}$ とし、オーバーライト特性を評価した。初回記録(非オーバーライト)、10回オーバーライト、100回オーバーライト、1000回オーバーライトで、それぞれジッタは6.9%、6.7%、7.0%、7.3%と良好であった。さらに、線速度 $7.0\text{m/s}$ で同様に、 $\alpha_1=0.4$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_n=0.5$ とし、 $P_w=14.0\text{mW}$ 、 $P_e=7.0\text{mW}$ 、 $P_b=0.5\text{mW}$ とし、オーバーライト特性を評価した。初回記録(非オーバーライト)、10回オーバーライト、100回オーバーライト、1000回オーバーライトで、それぞれジッタは7.4%、7.7%、8.0%、8.5%と良好であった。変調度はいずれも55~60%の値が得られた。本媒体を $80^\circ\text{C}/80\%\text{RH}$ の加速試験環境下に1000時間放置したところ、試験前に記録を行った。加速試験前に記録した信号のジッタの悪化は1%未満であった。また、変調度は、52~57%の値が得られた。

【0235】(実施例17) 実施例2と同様に、 $0.6\text{mm}$ 厚さのポリカーボネート樹脂基板にピッチ $0.74\mu\text{m}$ のウォブル溝を形成し、図5(b)のごとく、反射層、第2保護層、記録層、第1保護層の順に形成した。反射層 $\text{Al}_{0.995}\text{Ta}_{0.005}$ は膜厚 $165\text{nm}$ 、第2保護層 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ は膜厚 $20\text{nm}$ 、記録層 $\text{In}_{0.03}\text{Ge}_{0.05}\text{Sb}_{0.70}\text{Te}_{0.22}$ を膜厚 $16\text{nm}$ 、第1保護層 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$ を膜厚 $68\text{nm}$ 、それぞれスパッタリング法により成膜した。そののち、第1保護層に対向して、 $0.6\text{mm}$ 厚さのガラス板を密着させた。初期化は、ガラス基板を介して、 $500\text{mW}$ 程度のレーザー光を線速 $5\text{m/s}$ で照射し、行った。このガラス基板を介して、波長 $637\text{nm}$ 、 $\text{NA}=0.6$ の光学系を用いてレーザー光を記録層に照射し記録再生を行った。記録は、レーザー入射側から見て凹凸の遠い側に行った。実施例2における溝内に相当する。最短マーク3Tの長さを $0.4\mu\text{m}$ としたEFMプラス変調信号を、線速度 $3.5\text{m/s}$ で行った。実施例2と同様の記録パルス戦略で $m=n-1$ 、 $\alpha_i+\beta_{i-1}=1.0$  ( $2\leq i\leq m$ )、 $\alpha_i=\alpha_c=\text{一定}$  ( $2\leq i\leq m$ ) とし、 $\alpha_1=0.5$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_n=0.5$ とし、 $P_w=13.5\text{mW}$ 、 $P_e=6.0\text{mW}$ 、 $P_b=0.5\text{mW}$ とし、オーバーライト特性を評価した。初回記録(非オーバーライト)、10回オーバーライト、100回オーバーライト、1000回オーバーライトで、それぞれジッタは6.9%、6.7%、7.0%、7.3%と良好であった。さらに、線速度 $7.0\text{m/s}$ で同様に、 $\alpha_1=0.4$ 、 $\alpha_c=0.3$ 、 $\beta_n=0.5$ とし、 $P_w=14.0\text{mW}$ 、 $P_e=7.0\text{mW}$ 、 $P_b=0.5\text{mW}$ とし、オーバーライト特性を評価した。初回記録(非オーバーライト)、10回オーバーライト、100回オーバーライト、1000回オーバーライトで、それぞれジッタは7.4%、7.7%、8.0%、8.5%と良好であった。変調度はいずれも55~60%の値が得られた。本媒体を $80^\circ\text{C}/80\%\text{RH}$ の加速試験環境下に1000時間放置したところ、試験前に記録を行った。加速試験前に記録した信号のジッタの悪化は1%未満であった。また、変調度は、52~57%の値が得られた。

$0$  ( $2\leq i\leq m$ )、 $\alpha_i=\alpha_c=\text{一定}$  ( $2\leq i\leq m$ ) とし、 $\alpha_1=0.9$ 、 $\alpha_c=0.35$ 、 $\beta_n=0.5$ とし、 $P_w=12.0\text{mW}$ 、 $P_e=6.0\text{mW}$ 、 $P_b=0.5\text{mW}$ とし、オーバーライト特性を評価した。10回オーバーライト後で、ジッタは10.5%、変調度は61%であった。さらに、線速度 $7.0\text{m/s}$ で同様に、 $\alpha_1=0.55$ 、 $\alpha_c=0.40$ 、 $\beta_n=0.5$ とし、 $P_w=13.0\text{mW}$ 、 $P_e=5.5\text{mW}$ 、 $P_b=0.5\text{mW}$ とし、オーバーライト特性を評価した。10回オーバーライト後で、ジッタは11.2%、変調度は61%であった。

#### 【0236】

【発明の効果】本発明によれば、高速でオーバーライトすることができ、マークエッジのジッタが小さい、高密度のマーク長変調記録を行うことができ、形成されたマークの経時安定性が非常に良好な光学的情報記録用媒体が得られる。また、適切な記録層組成と層構成を選ぶことで、再生専用媒体との再生互換性に優れ、且つ、繰返しオーバーライト耐久性の高い相変化型光記録媒体が得られる。より具体的には、いわゆるDVDディスクと再生互換を有し、その標準再生速度 $3.5\text{m/s}$ から倍速である $7\text{m/s}$ を含む広い線速範囲で、1ビームオーバーライト可能であり、かつ1万回以上オーバーライトしても劣化を示さない、書き換え型DVDディスクに使用可能な光学的情報記録用媒体及び光記録方法が提供できる。また、本発明の媒体は線速マージンが広いと、CAV方式やZCAV方式など、角速度一定で媒体を回転させ記録を行う場合にも、媒体の内外周の線速差による記録特性差の問題を克服できる。CAV方式を採用すれば、半径位置ごとにディスク回転速度を変更する必要がなく、アクセス時間の短縮がはかれる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】非晶質マーク形状の例を示す図。

【図2】本発明の一例の媒体に記録を行った場合の反射率変化を示す図。

【図3】本発明の媒体の記録層の組成範囲を示すGeSbTe三元状態図。

【図4】従来のGeSbTe組成の範囲を示すGeSbTe三元状態図。

【図5】本発明の媒体の層構成の一例を示す模式図。

【図6】信号強度と信号振幅、変調度の関係を示すための信号波形図。

【図7】反射率の第1保護層膜厚依存性を説明するためのグラフ。

【図8】パワー3値変調記録方式の、パルス分割方法の一例を示す図。

【図9】記録層の温度の時間変化を説明するための模式図。

【図10】マーク長変調記録に適したパワー3値変調記録方式の、パルス分割方法の一例を示す図。

【図11】図10のパルス分割方法を実現するための、3種のゲート発生回路のタイミングを説明する概念図。

【図12】実施例1及び比較例1におけるジッターの再生光パワー依存性を示すグラフ。

【図13】実施例1におけるジッターの記録パルス分割方法依存性を示すグラフ。

【図14】実施例1におけるジッターの記録パルス分割方法依存性を示すグラフ。

【図15】実施例2におけるジッター、反射率及び変調度の記録パワー依存性を示すグラフ。

【図16】実施例2におけるジッター、反射率及び変調度の、繰返しオーバーライト回数依存性を示すグラフ。

【図17】実施例2 (g1) 及び実施例2 (d2) におけるジッターのマーク長依存性を示すグラフ。

【図18】実施例2におけるジッターの基板のチルト角依存性を示すグラフ。

【図19】実施例4における10回オーバーライト後のジッターの $\alpha 1$  及び $\alpha c$  依存性を示すグラフ。

【図20】実施例4におけるジッター、R t o p 及び変調度の繰返しオーバーライト回数依存性を示すグラフ。

【図21】(a) 実施例6におけるジッターのパルス分割方法依存性、(b) ジッターの書き込みパワー依存性、並びに (c) 10回オーバーライト後のR t o p 及び変調度の書き込みパワー依存性を示すグラフ。

【図22】実施例6におけるジッター、R t o p 及び変調度の繰返しオーバーライト回数依存性を示すグラフ。

【図23】実施例6におけるジッターのマーク長依存性を示すグラフ。

【図24】(a) 比較例2におけるジッターのパルス分割方法依存性、(b) ジッターの書き込みパワー依存性、並びに (c) 10回オーバーライト後のR t o p 及び変調度の書き込みパワー依存性を示すグラフ。

【図25】比較例3で用いた記録方法のパルス分割方法を示す図。

【図26】比較例3におけるジッターのマーク長依存性及び線速依存性を示すグラフ。

【図27】比較例6におけるジッターのP w 及びP e 依存性を示すグラフ。

【図28】実施例8におけるジッターの最短マーク長依存性を示すグラフ。

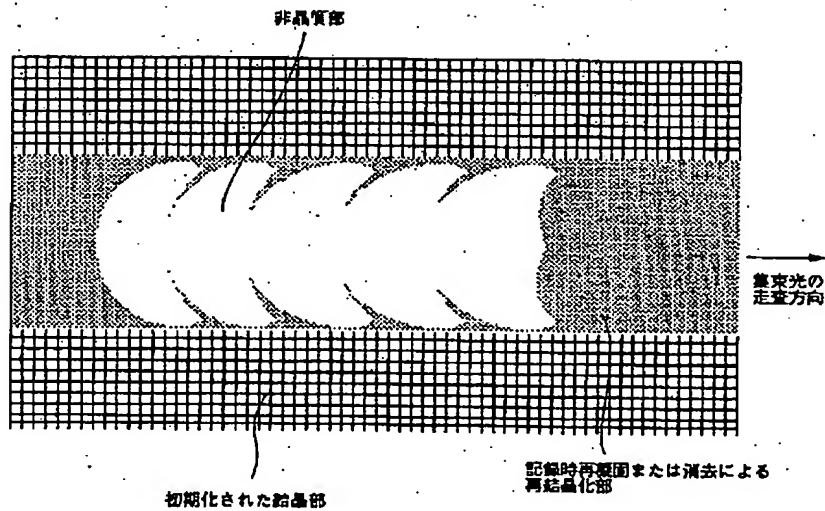
【図29】実施例10及び比較例8におけるジッターのP w 依存性を示すグラフ。

【図30】デジタルデータ信号とウォブル波形の関係を説明する図。

【図31】デジタルデータ信号によりウォブル波形を変調させる機構を説明する図。

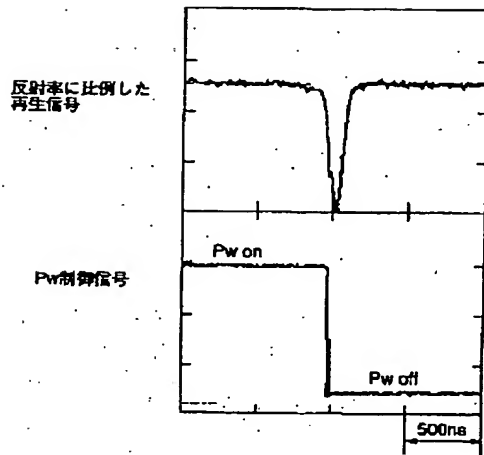
【図32】実施例11における変調度とR t o p の溝幅依存性を示すグラフ。

【図1】

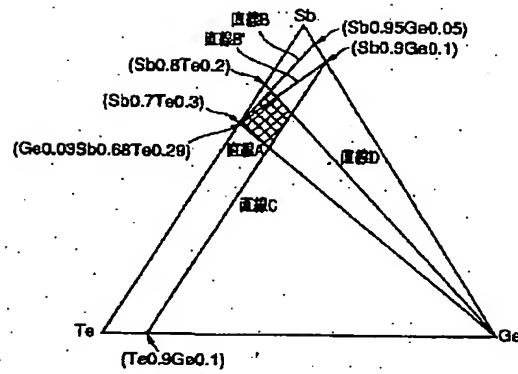




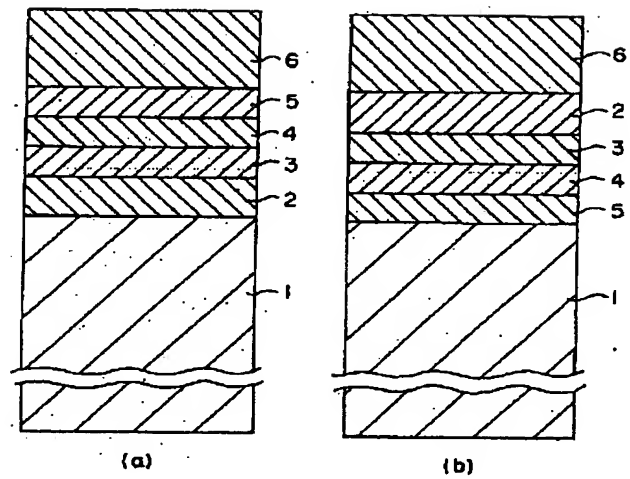
【図2】



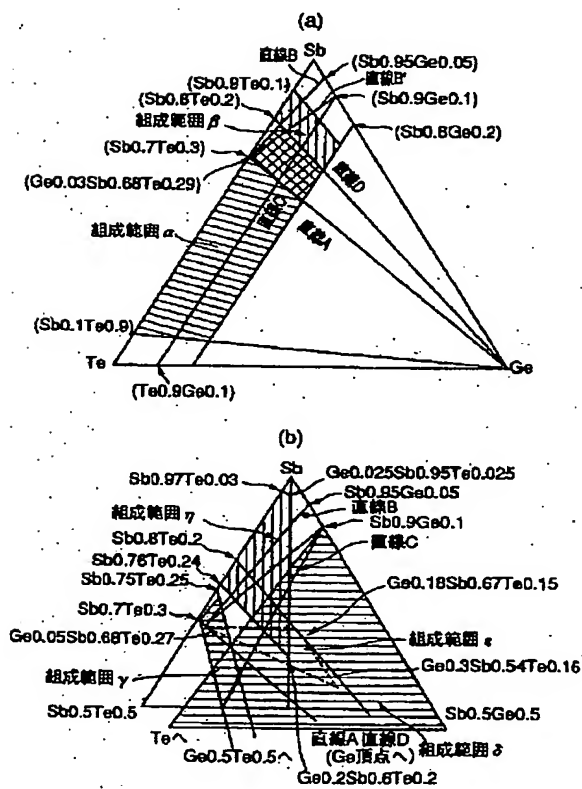
【図3】



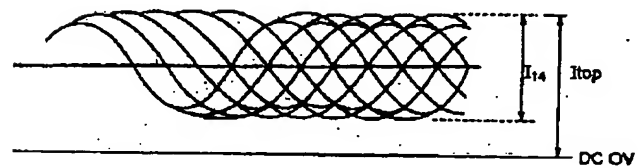
【図5】



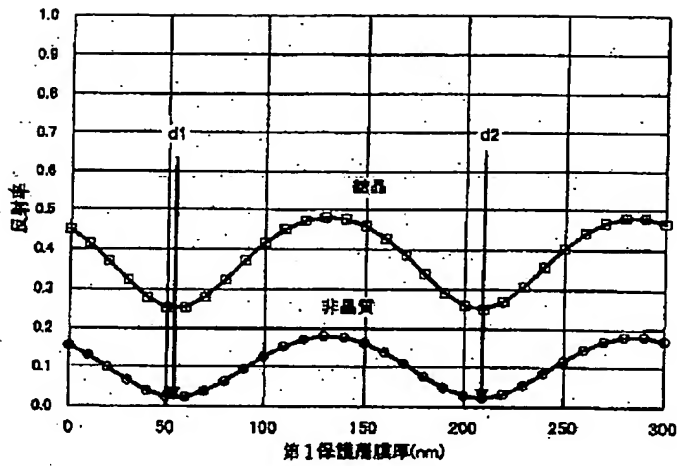
【図4】



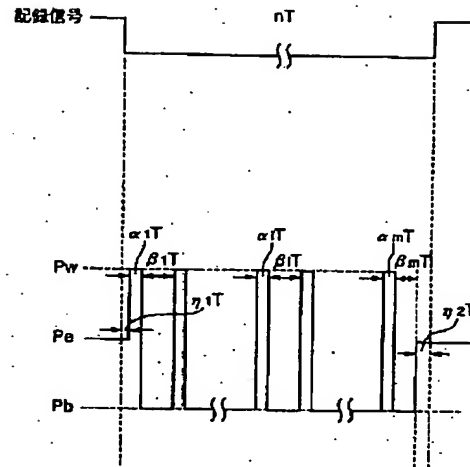
【図6】



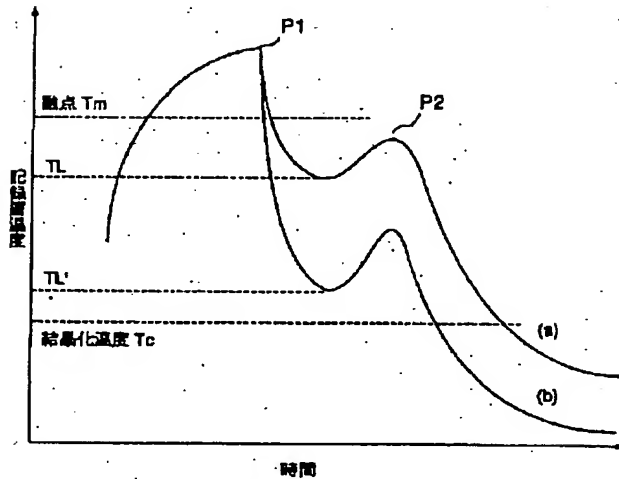
【図7】



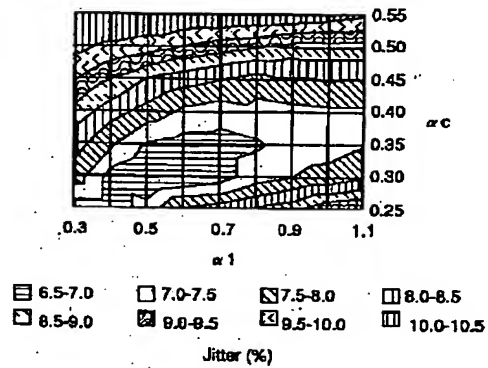
【図8】



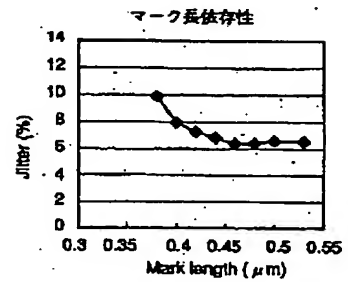
【図9】



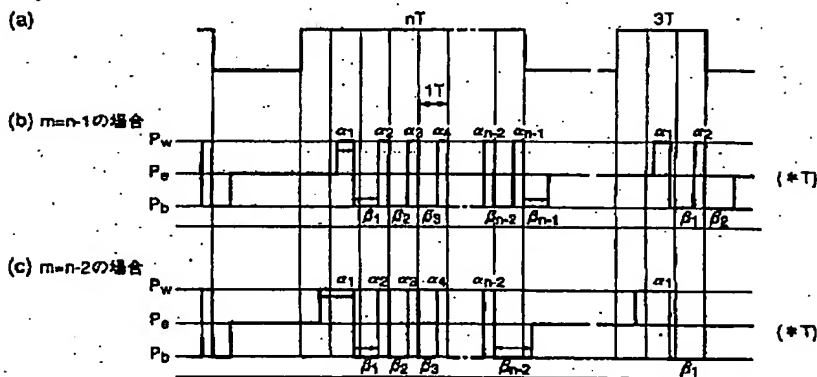
【図19】



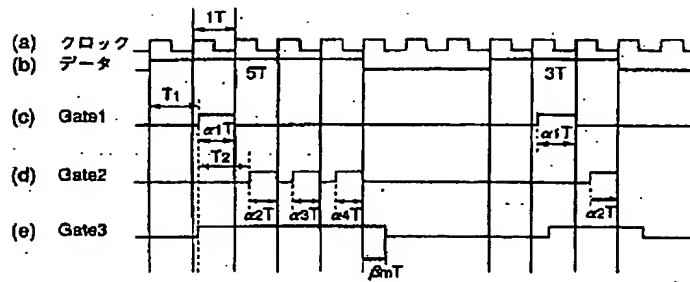
【図23】



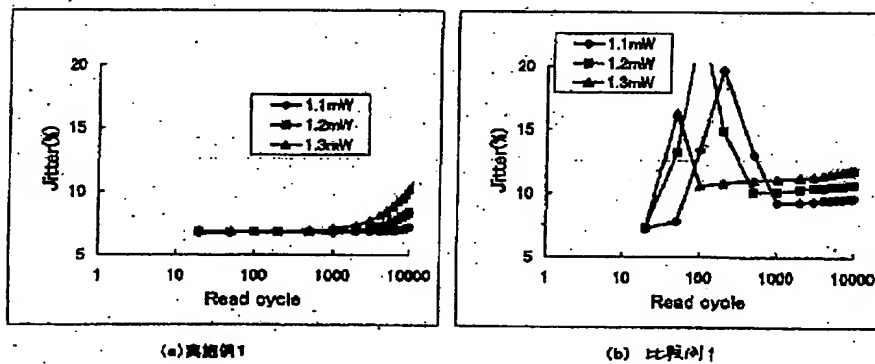
【図10】



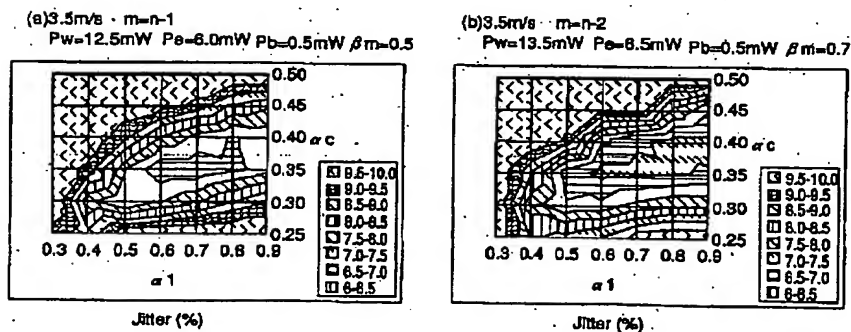
【図11】



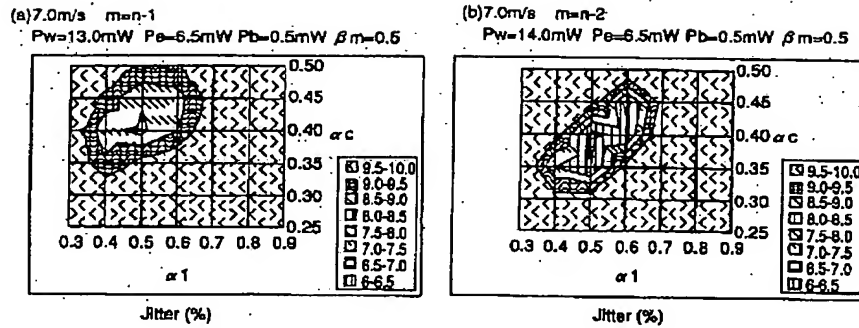
【図12】



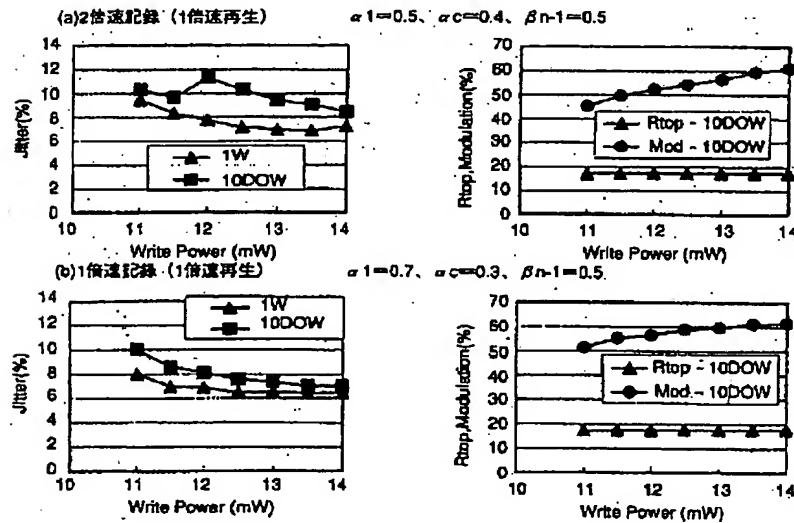
【図13】



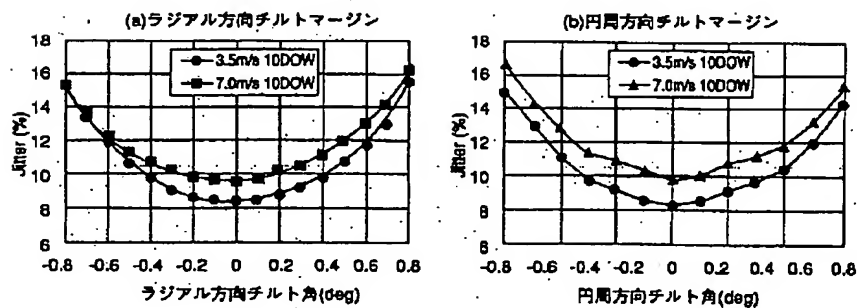
【図14】



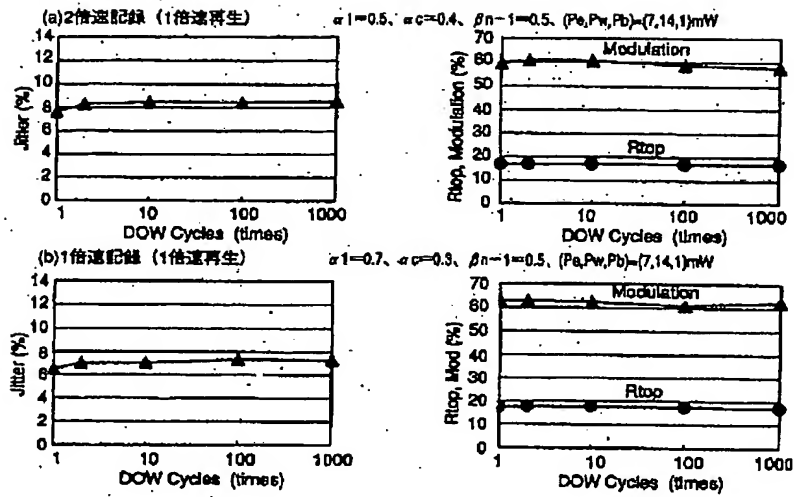
【図15】



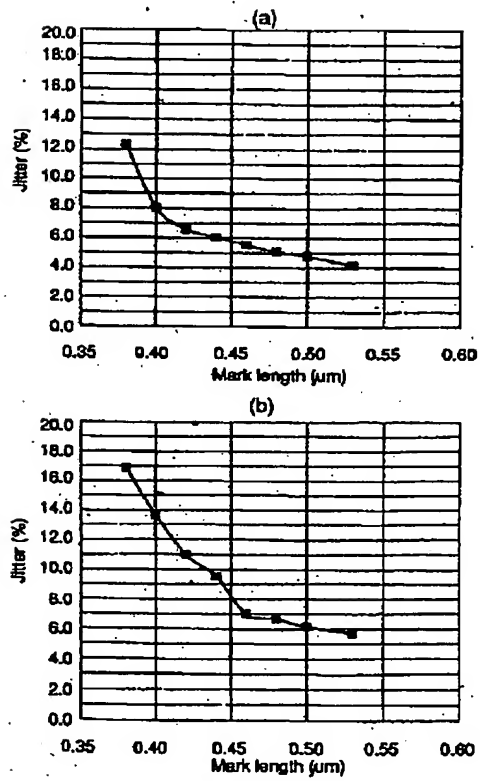
【図18】



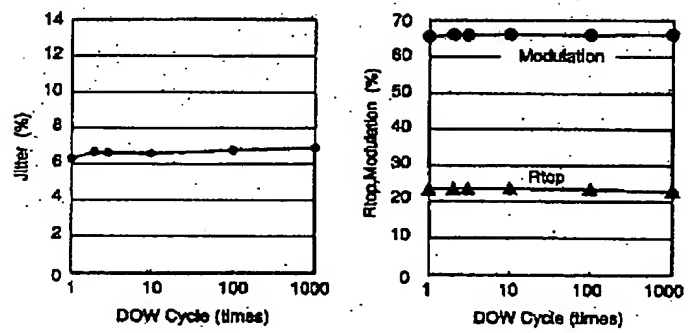
【図16】



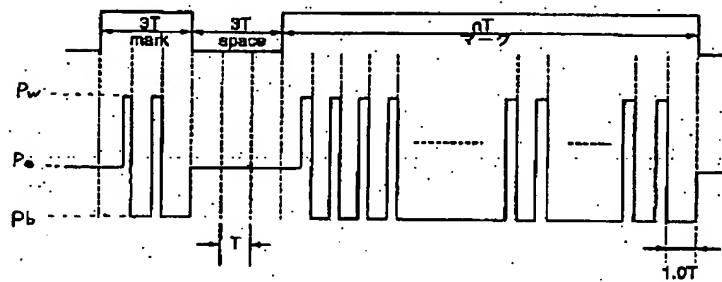
【図17】



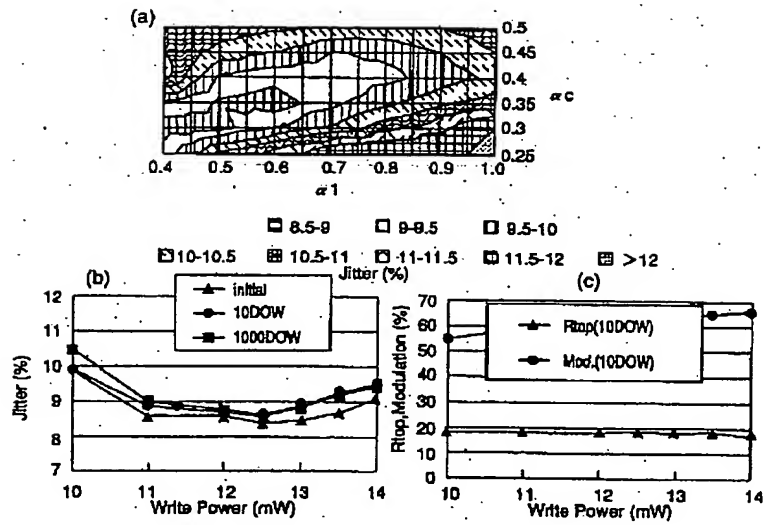
【図20】



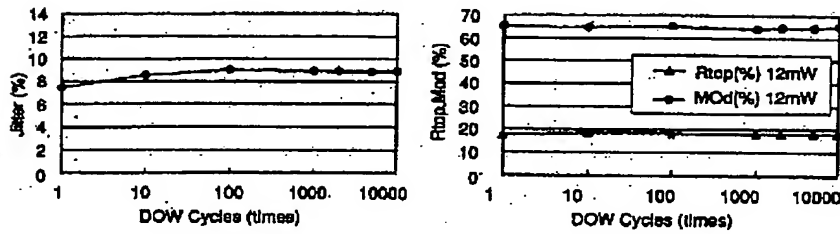
【図25】



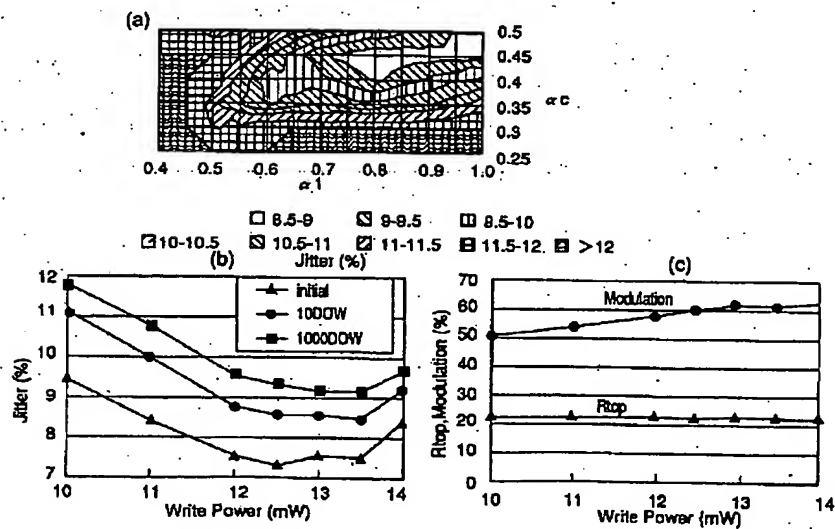
【図21】



【図22】

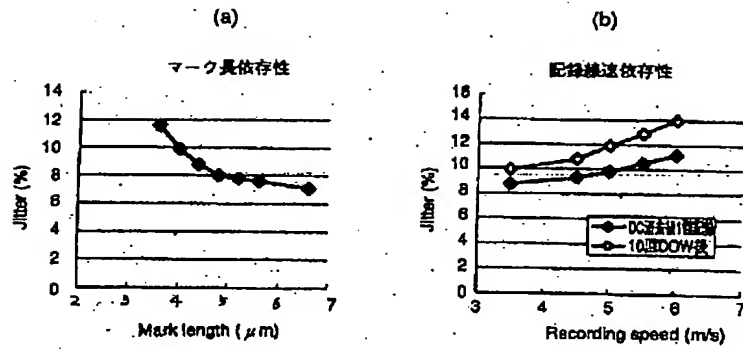


【図24】

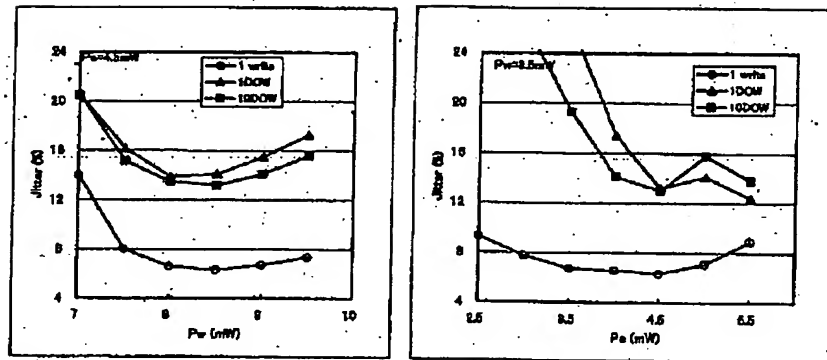




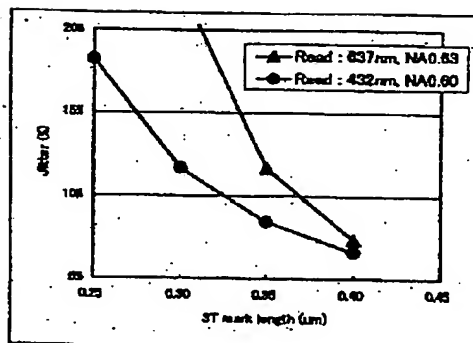
【図26】



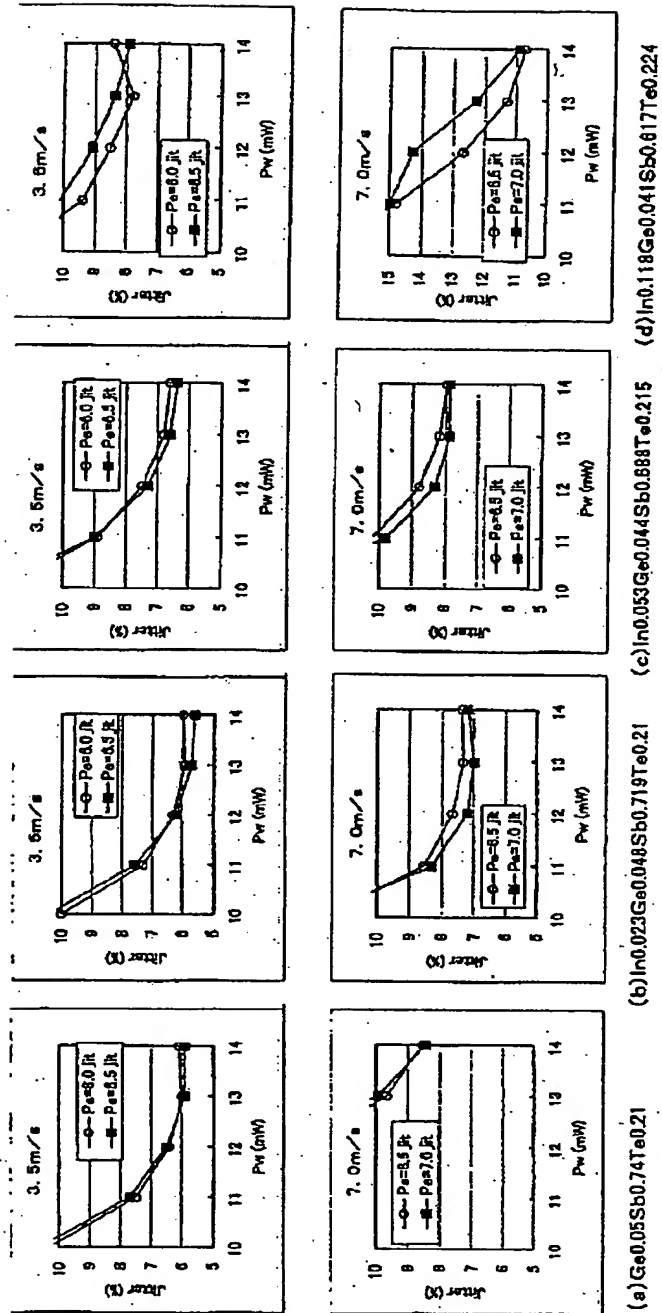
【図27】



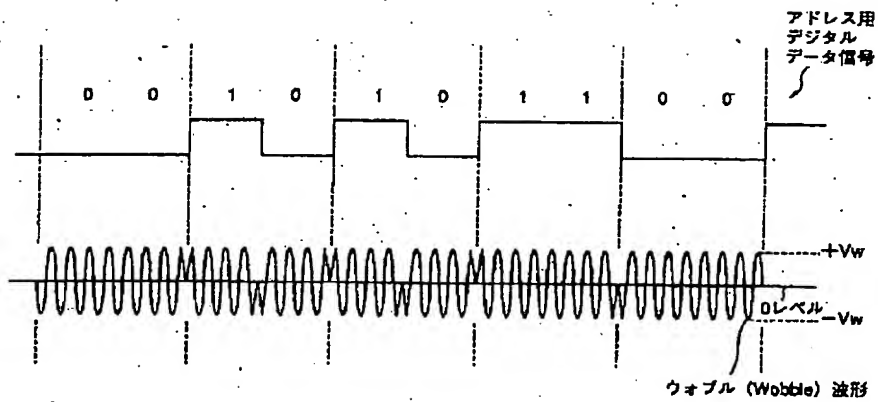
【図28】



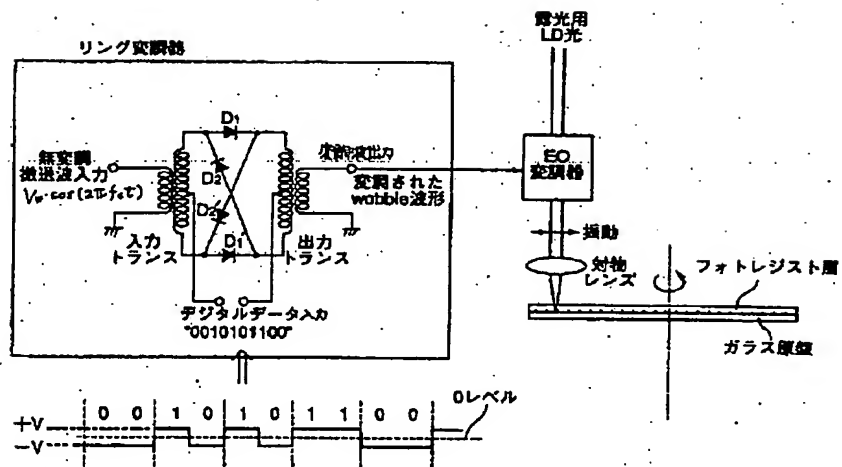
【図29】



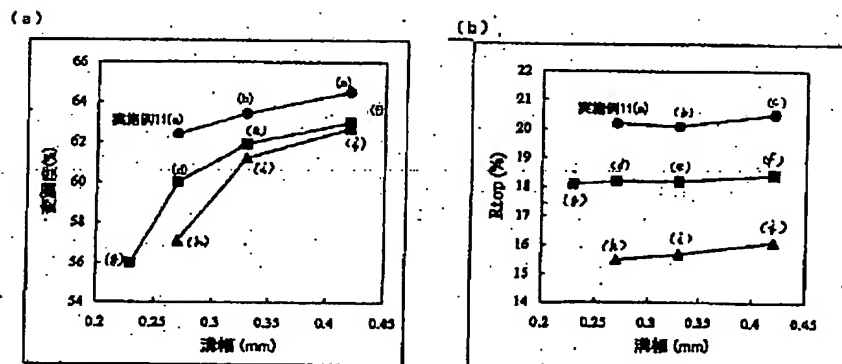
【図30】



【図31】



【図32】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターム (参考)
G 1 1 B 7/24	5 1 1	B 4 1 M 5/26	X
(72)発明者 堀江 通和 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地 三菱化学株式会社内		F ターム (参考) 2H111 EA03 EA04 EA12 EA23 EA32 EA40 EA47 FA12 FA14 FB05 FB06 FB07 FB08 FB09 FB12 FB16 FB21 FB23 FB28 FB30 5D029 JA01 JB18 5D090 AA01 BB05 CC01 CC02 DD01 EE01 EE05 FF09 FF21 HH01 KK03 KK06 KK20 5D119 AA23 AA24 AA26 AA31 BA01 BB04 DA02 FA05 HA08 HA25 HA27 HA45 HA47 HA49 HA52 HA60 JB02	